INRA magazine

Alimentation
Agriculture
Environnement

N°21 - JUIN 2012

DOSSIER

L'Inra porte ses fruits

sommaire

Chers lecteurs,

Juin 2012 : l'Inra est à Rio ! Dans le cadre de la Conférence des Nations unies sur le Développement durable, dite Rio+20 (Rio, 20-22 juin), l'Inra, le Cirad et Agreenium organisent trois tables rondes montrant l'engagement de la recherche agronomique dans les thématiques du changement climatique, de la biodiversité et de la lutte contre la désertification.
L'Institut réaffirme par ailleurs son attention à l'environnement dans son nouveau contrat d'objectifs. Sa production scientifique dans ce domaine a augmenté de 140 % au cours des dix dernières années.
L'équation du développement durable englobe non seulement l'environnement, mais aussi l'économie et la situation sociale, puisqu'il s'agit de nourrir de manière durable les neuf milliards d'individus qui peupleront bientôt notre planète. D'où les intrications de plus en plus fortes entre les trois piliers de la recherche agronomique, l'agriculture, l'alimentation et l'environnement, et les approches intégrées et multiéchelles que l'on retrouve désormais dans beaucoup de thématiques de recherche de l'Inra.

Dans ce numéro, les problématiques des rejets d'azote par l'élevage et de la cohabitation entre le domestique et le sauvage sont évoquées.
La présentation d'un « Institut Carnot » met en valeur le rôle clé de la recherche fondamentale dans l'innovation. Enfin, en ce début d'été, la rédaction d'Inra Magazine vous offre une promenade dans des jardins créoles et exotiques, agrémentée d'un cocktail vitaminé grâce au dossier sur les fruits.

Au moment où je vais terminer mon mandat de présidente de l'Inra, je souhaite que notre Institut continue de remplir sa mission avec compétence et efficacité et notamment la mission de partage des connaissances que porte ce magazine.

Marion Guillou



INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE
147 rue de l'Université • 75338 Paris Cedex 07
www.inra.fr

Directrice de la publication : Marion Guillou. **Directeur éditorial :** Jean-François Launay. **Directeur de la rédaction :** Antoine Besse. **Rédactrice en chef :** Pascale Mollier. **Rédaction :** Pierre Cellier, Laurent Cario, Brigitte Cauvin, Catherine Donnars, Armelle Favery, Sabrina Gasser, Jean-Louis Peyraud, Cécile Poulain. **Photothèque :** Jean-Marie Bossennec, Julien Lanson, Christophe Maître. **Couverture :** Photo : © monticellllo/ Fotolia.com. **Maquette :** Patricia Perrot. **Conception initiale :** Citizen Press - www.citizen-press.fr. **Impression :** Imprimerie CARACTERE. Imprimé sur du papier issu de forêts gérées durablement. **Dépôt légal :** juin 2012.





Renseignements et abonnement : inramagazine@paris.inra.fr

ISSN : 1958-3923

Investissements d'avenir : belle moisson pour l'Inra


© William Beaucardet

Parce que la recherche et l'enseignement supérieur sont à la source de l'innovation, incontournable pour le développement économique du pays, ces deux secteurs sont les principaux bénéficiaires des « Investissements d'avenir » lancés par l'Etat fin 2009, avec 22 milliards d'euros sur 35, le reste étant réparti vers les filières industrielles, le développement durable et le numérique.

Pour attribuer ces crédits, dont la gestion est assurée par l'Agence nationale de la recherche, deux vagues d'appel à projets se sont succédé de 2010 à 2012. L'Inra a postulé à chaque fois dans de très nombreuses catégories. « *Avec, cependant, des priorités thématiques : biotechnologies blanches, biotechnologies vertes, environnement et alimentation-nutrition* » précise Paul Colonna, délégué « Investissements d'avenir » à l'Inra.

Succès dans le domaine des biotechnologies et bioressources

Dans la catégorie «Biotechnologies et Bioressources», l'Institut est porteur de neuf projets de recherche ayant deux caractéristiques communes : un financement assuré sur une période longue (huit ans), et une collaboration étroite avec des partenaires privés. Ce dernier point étant une des conditions de réussite, puisque l'optique affichée de ces appels d'offres est de stimuler la valorisation économique des résultats de recherche.

Six de ces projets portent sur les plantes cultivées majeures. Ils s'appuient sur les technologies de phénotypage et génotypage à haut débit et des compétences reconnues en génomique, protéomique, métabolomique, bioinformatique, analyse d'images, etc. :

- **Blé :** projet Breedwheat, pour mieux connaître et valoriser la diversité génétique du blé afin de sélectionner de nouvelles variétés plus robustes, moins exigeantes en eau et en engrais. Ce projet associe l'Inra (quinze unités de recherche) et onze entreprises privées en France et en Europe. Il renforcera le rôle de la France dans le consortium international pour l'amélioration du blé.
- **Maïs :** projet Amaizing, qui réunit les principaux acteurs de l'industrie du maïs en France (11 partenaires privés, dont sept entreprises semencières et deux entreprises de biotechnologie).
- **Colza :** projet Rapsodyn, pour optimiser les rendements de colza, en utilisant moins d'engrais azoté.
- **Tournesol :** projet Sunrise, pour améliorer la production en huile des cultures de tournesol en conditions de manque d'eau.
- **Pois :** projet PeaMust, pour stabiliser le rendement et la qualité des graines de pois, source de protéines pour l'alimentation animale.
- **Betterave :** projet Aker, pour améliorer le rendement en sucre de la betterave avec des variétés ayant de meilleures capacités d'adaptation aux variations climatiques.

En outre, le projet Génius vise le développement de biotechnologies innovantes pour améliorer la sélection des variétés végétales (deux partenaires publics - Inra et Université de Lyon - et cinq partenaires privés).

BFF (Biomasse pour le futur) porte sur l'utilisation de plantes à croissance rapide (miscanthus, sorgho) pour la combustion, la méthanisation, les matériaux de construction ou les bioplastiques, diminuant ainsi le recours aux matières premières émettrices de gaz à effet de serre.

Probio-3 vise à développer une nouvelle filière de biocarburants : production

de lipides spécifiques par des levures et bactéries par conversion de ressources non alimentaires et de coproduits industriels. Ce projet sera une des applications du démonstrateur préindustriel Toulouse White Biotechnology (TWB).

Deux démonstrateurs préindustriels

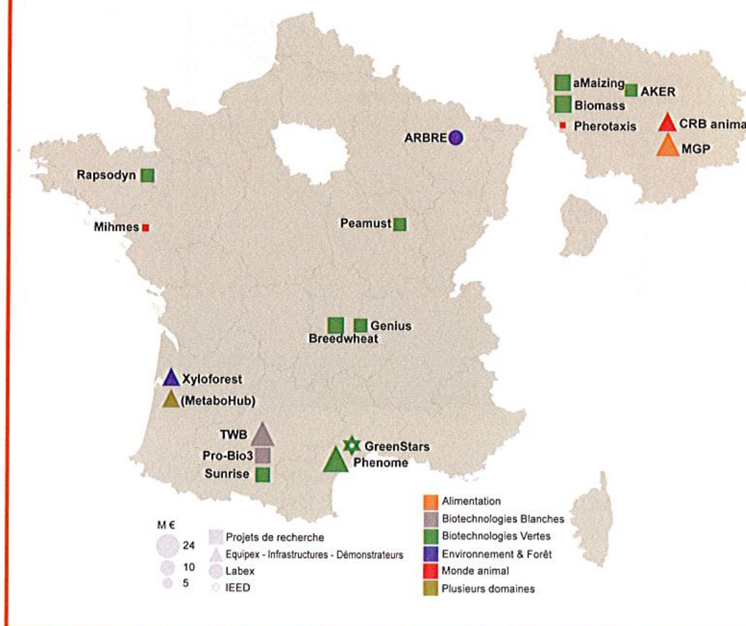
Ces démonstrateurs permettent le passage du laboratoire à l'industrie en apportant «la preuve de concept». Ils démontrent la faisabilité d'un procédé biologique à l'échelle industrielle, ouvrant ainsi la voie à de nouvelles filières. Ils bénéficient de financements importants et d'une bonne visibilité.
TWB est focalisé sur les procédés microbiologiques (enzymes, micro-organismes) pour produire, à partir de biomasse végétale, des substituts du carbone fossile : biocarburants, biomatériaux, ou nouvelles molécules à haute valeur ajoutée (santé, cosmétiques).
MGP (Métagénopolis) vise à comprendre l'impact du microbiote intestinal humain sur l'organisme et à le valoriser. Il s'agit de montrer que cette flore intestinale peut être le témoin d'une prédisposition à des pathologies, ainsi que d'une aptitude à réagir à des traitements et à l'alimentation. Il peut ouvrir la voie à des stratégies alimentaires préventives. Le démonstrateur MGP va permettre à la France de consolider sa position de leader dans le domaine de la métagénomique intestinale et d'intéresser des entreprises innovantes du secteur alimentaire ou du diagnostic médical.

Chiffres clés

- 70 projets lauréats (sur 215 déposés)
- Dont 19 portés par l'Inra, et environ 50 en partenariat avec d'autres institutions

Projets portés par l'Inra :	Projets associant l'Inra :
- 9 projets de recherche - 2 démonstrateurs - 3 infrastructures nationales de recherche - 1 Equipex - 1 Labex - 1 IEED (Institut d'excellence sur les énergies décarbonées) - 2 projets de bioinformatique	- 3 projets de recherche - 4 Idex - 6 infrastructures nationales de recherche - 5 Equipex - 31 Labex - 2 IEED (Institut d'excellence sur les énergies décarbonées) - 2 projets de bioinformatique

Les projets portés par l'Inra



Des infrastructures nationales en lien avec les européennes

L'Inra coordonne trois infrastructures multisites, à vocation première nationale, mais pouvant s'inscrire aussi dans une perspective européenne.
Le CRB (Centre de ressources biologiques sur les animaux domestiques) constituera une initiative unique en Europe, plaçant la France en position de pionnière dans ce domaine. Des contacts ont déjà été pris avec les Pays-Bas, la Hongrie, la Slovénie et la Belgique pour étendre cette initiative au niveau européen. Le projet va permettre le développement de nouvelles méthodes d'échantillonnage et de stockage de données qui permettront de mieux comprendre les mécanismes de reproduction, d'épidémies et d'anomalies génétiques.
Le Centre français de phénomique végétale (Phenome) dotera la France d'un système unique de phénotypage à haut débit des plantes. Il s'agira de mesurer les caractères agronomiques des plantes dans différentes conditions environnementales et scénarios climatiques. Des collaborations sont prévues au niveau européen (Allemagne, Italie) et international (Mexique, Australie) pour des essais au champ.
Enfin, Metabohub sera le Centre français de métabolomique, orienté essentiellement vers les domaines de la nutrition et de l'agriculture.

Et aussi

- L'équipex Xyloforest, plateforme de recherche multidisciplinaire s'intéressant à la question des ressources forestières sous tous ses aspects.
- Le labex Arbre, pour explorer le fonctionnement des écosystèmes forestiers dans un contexte de changement global.
- L'IEED GreenStars, (Instituts d'Excellence sur les Énergies Décarbonées), ensemble de plateformes collaboratives pour développer des composés d'intérêts (biocarburants biomolécules) à partir des micro-algues.
- Deux projets de bioinformatique : Mimhes : modélisation de la réponse des animaux aux infections et épidémies. Pherotaxis : communication par phéromone chez les papillons et création de nez artificiels utiles pour détecter les pollutions environnementales ou industrielles.

Pascale Mollier

+d'infos
voir Inra mag n°16, mars 2011 page 3 : première vague des Investissements d'avenir.

Sécurité alimentaire
sous la contrainte des changements globaux



Signé lors du salon de l'agriculture, le contrat d'objectifs 2012-2016 définit les priorités de la recherche à l'Inra pour les prochaines années. Etablissement public national de recherche, placé sous la tutelle conjointe des ministères chargés de la recherche et de l'agriculture, l'Inra déploie ses activités pour répondre à la fois aux défis de la recherche et aux attentes des pouvoirs publics et de la société.

Deuxième rang mondial en sciences agronomiques pour ses publications, deuxième en « science des plantes et des animaux ». L'Inra se place de manière singulière, au regard de tous ses homologues étrangers, dans une production équilibrée entre la recherche agronomique et la recherche en « biologie moléculaire et génétique ». Ainsi, sa production en sciences de l'environnement a connu une croissance de 140 % sur les dix dernières années. Cette originalité est préservée dans le contrat d'objectifs 2012-2016 qui replace la recherche agronomique au cœur du défi de fournir, dans un environnement changeant, de quoi nourrir de manière durable près de 10 milliards d'individus... Tout en palliant la raréfaction des énergies fossiles. Dans le cadre de la stratégie nationale de recherche et d'innovation (SNRI), l'Etat a renouvelé récemment ses orientations politiques. S'inspirant des travaux « Objectifs Terre 2020 » et du « Grenelle de l'environnement », il distingue trois axes prioritaires dans lesquels l'action de l'Inra doit s'inscrire :

- la santé, le bien-être, l'alimentation et les biotechnologies
- l'urgence environnementale et les écotechnologies
- l'information, la communication et les nanotechnologies.

Ces axes prioritaires constituent la référence pour définir les budgets et la programmation thématique de la recherche.

Organisme de recherche finalisée, l'Inra est producteur de connaissances et accompagne l'innovation économique et sociale. Déployant « une science pour l'impact », par sa capacité d'implication, de coordination, de diffusion et de transfert, l'établissement fédère une grande diversité d'acteurs, aussi bien académiques que socio-professionnels, associatifs ou territoriaux, qui participent à la définition de ses activités de recherche et d'innovation.

A sa création en 1946, les missions de l'Inra s'inscrivaient dans un périmètre national pour développer l'agriculture et les industries qui lui sont liées. Le champ d'investigation de l'Institut s'est progressivement élargi au « tripode » de l'agriculture, de l'alimentation et de l'environnement, avec pour ambition, dans une perspective mondiale, de contribuer à assurer une alimentation saine et de qualité, une agriculture compétitive et durable ainsi qu'un environnement préservé et valorisé.

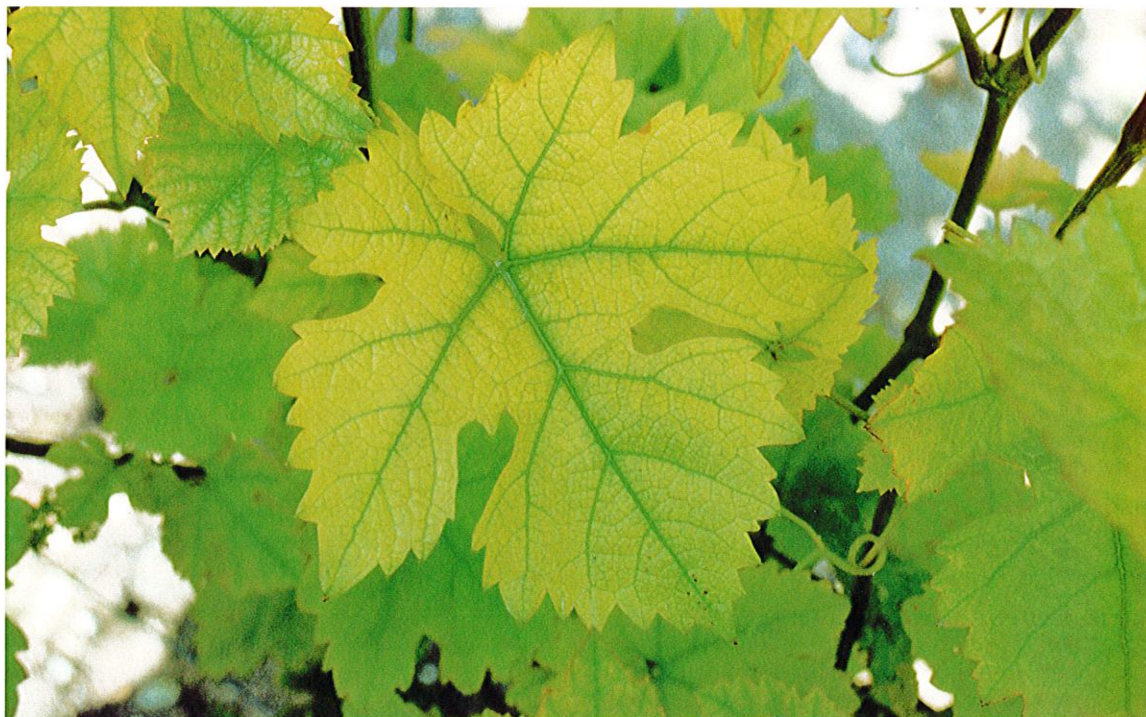
La recherche agronomique se doit d'étudier de façon intégrée des questions complexes à des échelles variées : mécanismes fondamentaux du vivant, processus biogéochimiques, valorisation des ressources génétiques et dynamique des populations, fonctionnement des paysages et de la biosphère, comportements individuels et collectifs des acteurs à l'échelle des territoires, des filières et des marchés. Elle fait appel à un large socle de compétences disciplinaires qui relèvent principalement des sciences de la vie (68 % des compétences scientifiques de l'Institut), mais qui concernent aussi les sciences des milieux et des procédés (12 %), l'ingénierie écologique, les écotechnologies et les biotechnologies (8 %), ainsi que les sciences économiques et sociales (8 %) et les sciences du numérique (4 %).

Le précédent contrat d'objectifs

La mise en œuvre du précédent contrat d'objectifs a renforcé le partenariat socio-économique, avec une progression significative de l'activité contractuelle (une augmentation de 39 % de contrats de recherche signés entre 2001 et 2010) et du revenu des licences au travers des deux filiales de valorisation, Inra Transfert et Agri Obtentions (plus de 20 % entre 2009 et 2010). Fruit de son engagement dans le cadre des investissements d'avenir, l'Inra est porteur de trois instituts Carnot (dans les champs de l'alimentation avec « Qualiment », de la chimie verte avec « 3BCar » et de la santé animale avec « Icsa » (voir article dans ce numéro pages 10 et 11) et d'un démonstrateur sur les biotechnologies industrielles (« Toulouse White Biotechnologies »). Il coordonne le groupement d'intérêt scientifique en Biotechnologies vertes qui a pris la suite en 2011 du programme « Génoplante » en élargissant le nombre de partenaires du secteur professionnel.

Cécile Poulain

Fer et plantes
la recherche déverrouillée



LA CARENCE EN FER provoque un déficit en chlorophylle, donc une diminution de la photosynthèse, qui affecte la production de biomasse et la fertilité de la plante.

Les chercheurs de Montpellier ont mis au point une méthode pour visualiser le fer directement dans les cellules de plantes. Cette avancée lève un frein dans la compréhension du métabolisme de cet élément clé de la vie cellulaire.

Les plantes constituent la source principale de fer pour une grande partie de la population mondiale, mais 30% des humains souffrent d'anémie, surtout dans les pays en voie de développement. L'anémie se traduit par des troubles de croissance et du développement psychomoteur chez l'enfant ou une fatigue générale chez l'adulte. Les plantes aussi peuvent être anémiées, si elles n'arrivent pas à capter le fer dans le sol : c'est le cas pour les deux tiers des terres arables, de type calcaire, dans lesquelles le fer n'est pas disponible car précipité sous forme d'hydroxydes. Pour l'Homme comme pour les végétaux, le fer est le cofacteur indispensable d'un grand nombre d'enzymes et de protéines impliquées dans la respiration ou la photosynthèse. Favoriser la captation du fer par les plantes et les enrichir en fer permettraient d'améliorer non seulement les rendements des cultures mais aussi la nutrition humaine. « *C'est un problème complexe*, explique Catherine Curie (1), *car, autant que le manque, l'excès de fer est nocif pour les plantes. Les concentrations en cet élément y sont étroitement régulées. C'est pourquoi différentes tentatives pour enrichir en fer les parties comestibles des végétaux (2) se sont révélées décevantes. Nous n'avons pas encore la solution mais une meilleure connaissance du cycle du fer dans les plantes peut nous en rapprocher* ». Et c'est ce que va permettre la nouvelle technique développée dans l'équipe de la chercheuse, qui a obtenu en 2010 le prix Auguste Chevalier de l'Académie des Sciences (3) pour l'ensemble de ses travaux.

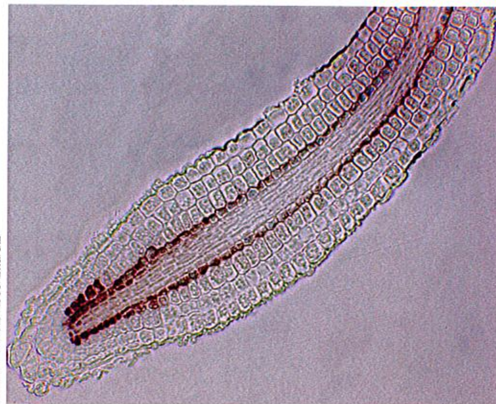
Visualiser le trafic du fer dans les cellules végétales

La technique est dérivée de la coloration histochimique au réactif de Perls qui réagit avec le fer en donnant un précipité bleu appelé bleu de Prusse, utilisé par ailleurs en teinturerie depuis le XVIII[e] siècle. L'amélioration a consisté à intensifier fortement la réaction avec un réactif secondaire, afin de repérer les pools majeurs de fer dans les organes végétaux. En réalisant la coloration sur des coupes fines incluses dans de la résine, on peut même localiser le fer dans les organites à l'intérieur d'une cellule : vacuoles, chloroplastes, noyau. « *En deux heures sur la paillasse, on obtient une imagerie simple et sensible du fer, alors qu'auparavant, il fallait utiliser un synchrotron pour obtenir un résultat analogue* », précise Catherine Curie. Les chercheurs ont ainsi pu réaliser un « atlas » de la distribution du fer dans la plante modèle *Arabidopsis thaliana*.

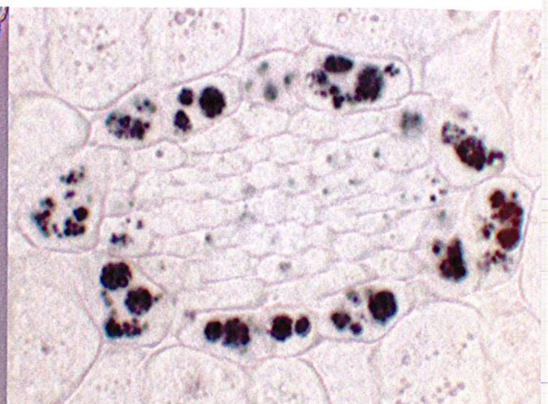
Comprendre les clés du métabolisme du fer

Dans les organismes, le fer est quasiment toujours sous forme complexée et il est cloisonné dans des structures

spécialisées. En effet, bien qu'indispensable, le fer est aussi toxique à l'état libre, de par son pouvoir oxydant capable de briser les molécules protéiques et lipidiques de la cellule. Dix années de travaux ont permis à l'équipe de Montpellier de mettre en lumière certains transporteurs impliqués dans le métabolisme du fer. En particulier ceux qui sont situés dans la membrane plasmique des cellules de l'épiderme racinaire et qui prélèvent le fer du sol vers l'intérieur des racines. La surexpression de ces transporteurs ne permet pas d'augmenter significativement le taux de fer dans les graines et peut s'avérer toxique si la plante capte trop de fer et/ou si elle capte d'autres éléments présents dans le sol *via* les mêmes transporteurs (zinc, cadmium, manganèse).



COLORATION PERLS/DAB d'une coupe longitudinale de racine d'*Arabidopsis*, qui montre un marquage du fer dans l'endoderme.



SUR UNE COUPE TRANSVERSALE FINE DE RACINE, on arrive à localiser le fer précisément dans les vacuoles de l'endoderme.

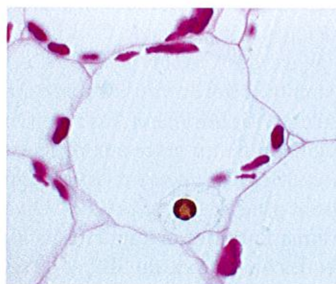
Dans les cellules de la plante, le fer est majoritairement stocké dans une protéine de réserve, la ferritine, dont les 24 sous-unités forment une cavité capable de contenir plus de 4 000 atomes de fer. Présente dans tous les organes, graines, feuilles, etc., cette forme de stockage permet de tamponner les excès de fer. Une surexpression importante de la ferritine ne permet d'augmenter que faiblement la quantité de fer dans les graines (environ trois fois dans le riz). De plus, elle provoque une séquestration accrue du fer, ce qui est interprété par la plante comme un manque de fer et conduit à activer les transporteurs racinaires, avec les conséquences évoquées ci-dessus.

L'équipe de Catherine Curie étudie actuellement un troisième type de transporteur, appelé FRD3. Si l'on empêche la synthèse de ce transporteur par mutation, la plante mutante est chlorotique (4) et stérile. La nouvelle technique de coloration du fer permet de comprendre ce qui se passe chez ce mutant : le fer précipite et ne circule plus dans les vaisseaux, il ne pénètre plus dans le pollen, qui avorte. Ce qui s'explique car FRD3 est une protéine membranaire dont la fonction est de secréter hors de la cellule un ligand du fer - le citrate - qui permet le passage du fer d'une cellule à l'autre. Le complexe fer-citrate est en effet la forme privilégiée de transport du fer dans les liquides intercellulaires : celui des sacs polliniques dans lequel flottent les grains de pollen, celui qui entoure l'embryon dans le sac embryonnaire ou encore la sève brute des vaisseaux conducteurs. Les chercheurs testent actuellement la surexpression de ce transporteur. « *Nous n'attendons pas de solution miracle, mais le simple fait de voir facilement ce qui se passe aux niveaux les plus fins des différents organes va certainement nous aider à mieux comprendre les étapes clés de l'entrée, de la circulation et du stockage du fer dans les plantes* », conclut Catherine Curie.

Pascale Mollier

Une nouvelle découverte : du fer dans le noyau

« Avec cette nouvelle technique de visualisation, nous avons eu aussi la surprise de découvrir un nouveau compartiment de stockage du fer : le nucléole du noyau. C'était étonnant de trouver cette molécule potentiellement toxique à proximité de l'ADN, le centre stratégique de la cellule ! Nous avons donc vérifié par la technique du synchrotron. C'est très clair par exemple dans l'embryon de pois : il y a bel et bien un gros stock de fer dans le nucléole. Le rôle majeur de cet organite est la synthèse des ARN des ribosomes, ces derniers étant le siège de la traduction des ARN messagers en protéines. Reste à identifier sous quelle forme est complexé ce fer et quel est son rôle métabolique. On soupçonne qu'il pourrait être un constituant de certaines des enzymes impliquées dans ce processus. »



COLORATION PERLS/DAB d'une coupe de cellule d'embryon de pois. En marron : le fer du nucléole, lui-même inclus à l'intérieur du noyau translucide. En rouge : les chloroplastes.

(1) Responsable de l'équipe : « Transport et signalisation du fer », au sein de l'unité mixte de recherche : « Biochimie et physiologie moléculaire des plantes » (CNRS / Inra / SupAgro / Université Montpellier 2).

(2) Contrairement aux idées courantes, ce ne sont pas les épinards qui apportent le plus de fer, mais les graines de soja, les lentilles, les haricots blancs et les pois chiches.

(3) Le prix Auguste Chevalier est l'un des prix thématiques de biologie intégrative.

(4) La plante jaunit car la synthèse de la chlorophylle est déficiente.

+d'infos

publications :

- *Sur la méthode de coloration* : Roschzttardtz H., Conéjéro G., Curie C., Mari S. 2010. *Plant Signal Behav.* Jan 5(1) p. 56-7.
- *Sur FRD3* : Roschzttardtz H, Séguéla-Arnaud M., Briat J.F., Vert G., Curie C. 2011. *Plant Cell* Jul. 23(7) p. 2725-37. Epub, 2011, Jul 8.
- *Sur le fer dans le noyau* : Roschzttardtz H., Grillet L., Isaure M.P., Conéjéro G., Ortega R., Curie C., Mari S. 2011. *J Biol Chem.* Aug 12, 286(32), p. 27863-6. Epub, 2011 Jun 30.

contact :

curie@supagro.inra.fr

Schmallenberg,

un virus inconnu émerge au cœur de l'Europe



©: Inra / Bertrand Nicolas

INTERVIEW

Thierry Pineau, CHEF DU DÉPARTEMENT SANTÉ ANIMALE DE L'INRA

Isolé pour la première fois fin novembre 2011 dans des élevages d'un village d'Allemagne dont il porte le nom, le virus Schmallenberg (SBV) affecte les élevages essentiellement ovins, mais aussi caprins et bovins. Il entraîne des malformations congénitales. Le virus a été détecté en janvier en France. L'Inra, avec l'Anses, a débuté ses travaux d'infectiologie dès janvier 2012 et a proposé en mars 2012 un test sérologique de dépistage.

Comment expliquez-vous le court délai entre le premier isolement du virus et la mise à disposition d'un test sérologique ?

Thierry Pineau : Aux premiers signaux d'alerte, les autorités sanitaires allemandes ont été très réactives. Pour analyser ce virus inconnu, elles ont fait appel aux nouvelles technologies de séquençage « sans *a priori* », (NGS, Next Generation Sequencing). Cette technique, bien maîtrisée en recherche mais pas encore systématisée dans les activités de surveillance, a identifié chez les agneaux malformés des séquences génétiques d'origine virale. Ce génome, du genre des *Orthobunyavirus*, est apparenté à celui du virus Akabane qui circule en Asie, Afrique et Australie. On a gagné du temps grâce aux connaissances déjà accumulées sur les virus qui lui sont génétiquement proches. On a pu ainsi faire des extrapolations au sujet des traits de vie du SBV et de ses conditions de culture *in vitro*.

Comment s'est organisée la recherche lors de l'émergence du virus en France ?

T.P. : La précédente gestion de l'émergence de fièvre catarrhale ovine nous a permis de capitaliser les acquis d'organisation et de savoir-faire du Réseau français de santé animale (RFSA), composé notamment de l'Inra, l'Anses, du Syndicat des industries du médicament vétérinaire et diagnostic (SIMV), du Cirad, des écoles vétérinaires... Le RFSA est une plateforme miroir nationale de la plateforme européenne European Technology Platform for Global Animal Health. Toutes les parties prenantes dans la santé animale ont œuvré dès janvier sur cinq axes d'étude : la pathogénie de la maladie sur les trois espèces affectées avec une attention particulière pour les femelles gestantes, le développement d'un test de diagnostic sérologique, les travaux princeps pour s'engager sur le développement d'un vaccin, l'épidémiologie de la maladie et la connaissance des vecteurs du virus (insectes, acariens...) L'Inra a eu la chance de pouvoir travailler très rapidement en partenariat, ce qui lui a permis de produire en quelques semaines une protéine recombinante, de la cloner pour la produire et la purifier, afin de mettre au point le test sérologique. Parallèlement, l'unité Plateforme d'infectiologie expérimentale de Nouzilly (PFIE) et l'installation bio-confinée de l'Institut d'expérimentation en infectiologie animale (INPREST) ont été entièrement mobilisées pour accueillir l'ensemble des expérimentations animales.

Quels enseignements tirer de l'émergence de ce virus ?

T.P. : Ce virus a révélé la vulnérabilité du secteur de l'élevage face à des pathogènes originaux, mais il a aussi éprouvé et établi notre réactivité face au risque. Nombre de scénarii, sur lesquels reposent nos efforts de recherche, sont actuellement basés sur la surveillance et la maîtrise de maladies migrant depuis le sud à la faveur du réchauffement global. Ce postulat a été contredit : l'émergence d'un virus parfaitement inconnu en plein cœur du continent européen pointe d'autres facteurs de vulnérabilité. Des pathogènes, introduits à la faveur de transports internationaux, peuvent rencontrer en Europe des conditions parfaitement propices à leur émergence et à leur diffusion. ●

Cécile Poulain

contact :
thierry.pineau@toulouse.inra.fr

Chronologie

- **Août 2011 :** troubles de santé inexpliqués dans des élevages de vaches laitières autour de Schmallenberg en Allemagne et aux Pays-Bas. Les prélèvements effectués ne comportent aucun virus ou pathogènes connus.
- **Novembre 2011 :** le Friedrich Loeffler Institut met en évidence un virus, qui ressemble génétiquement à des virus du genre *Orthobunyavirus* comprenant les virus Akabane, Aino et Shamonda, (Afrique, Asie, Australie).
- **Janvier 2012 :** 1ère détection en France par les services vétérinaires et l'Anses.
- **Janvier-mars :** l'Inra, en partenariat avec l'Anses, clone et produit une protéine recombinante utilisée pour le développement d'un test sérologique (UR VIM et UMR VIRO, Jouy-en-Josas).

Les flux d'azote
liés aux élevages



©: Inra

L'Inra vient de conclure une expertise scientifique pointant l'importance et les conséquences des flux d'azote liés aux activités d'élevages.

L'azote est un élément chimique indispensable à la production agricole. L'élevage utilise plus des trois quarts des quantités d'azote entrant dans les systèmes agricoles. Mais moins de la moitié de l'azote ingéré par les animaux se retrouve dans les protéines animales (lait, œufs ou viande). Une part de l'azote excrété dans les déjections peut être recyclée comme fertilisant sous forme de fumier, lisier ou compost, mais le reste se disperse dans l'environnement. A l'échelle de l'agriculture française, l'élevage contribue ainsi pour environ la moitié des pertes de nitrate vers les eaux, et pour plus des trois quarts des émissions atmosphériques azotées, notamment sous forme d'ammoniac.

Des pertes d'azote en cascade

Si les pollutions causées par le nitrate sont depuis longtemps médiatisées (1), les pertes atmosphériques le sont moins, alors qu'elles ont des impacts sur la qualité de l'air, l'acidification et l'eutrophisation des écosystèmes, la couche d'ozone ou encore le changement climatique (2). Partant des sources d'azote (fabrication d'engrais chimique, combustion, fixation symbiotique), ce que l'on appelle la « cascade de l'azote » décrit l'ensemble des transferts, transformations et impacts de l'azote dans l'environnement. Elle montre le lien de causalité entre l'utilisation croissante des engrais et l'enrichissement des milieux naturels en azote. La concentration des exploitations d'élevage amplifie localement les excès, comme dans le Grand-Ouest.

Des politiques peu efficaces

Depuis la directive « Nitrates » du 12 décembre 1991 sur la qualité des eaux, l'encadrement réglementaire n'a pas permis de réduire la pollution à la hauteur des attentes (3). Aussi, les ministères chargés de l'Agriculture et de l'Environnement ont sollicités l'Inra pour faire un état des lieux et mettre en avant des solutions dans le cadre d'une expertise collective. Certains travaux scientifiques ouvrent de nouvelles pistes. Par exemple : la mise en œuvre de la notion de « charge critique » permettrait de moduler les normes par territoire, selon la sensibilité des milieux récepteurs ; l'application des réglementations au niveau des industries d'aval impliquerait des acteurs puissants qui bénéficient d'économies d'échelle liées à la concentration des élevages, sans en internaliser le coût environnemental. Parmi les indicateurs de suivi, les Pays-Bas se sont lancés dans une comptabilité de l'azote au niveau de l'exploitation, ce qui responsabilise l'éleveur tout en lui donnant un outil pour améliorer l'efficience environnementale et économique de son système.

Mieux gérer les flux ou les réduire

Utiliser moins et mieux l'azote devrait faire converger l'intérêt de l'éleveur et celui de l'environnement en cas de renchérissement du prix des intrants. Au niveau de l'exploitation, les marges de progrès se situent surtout dans la gestion des effluents, les pertes émises de l'animal à la parcelle d'épandage représentant entre 30 et 75 % de l'azote excrété par les animaux. Des pratiques agronomiques (prairies, légumineuses et cultures intermédiaires) et des aménagements écologiques (zones humides, haies) peuvent aussi réduire les fuites. La « cascade de l'azote » invite à agir sur toutes les étapes et à l'échelle des territoires. Traiter les effluents d'élevage jusqu'à obtention d'un produit fertilisant peut permettre de l'exporter vers des régions de cultures, où il se substituerait en partie aux engrais minéraux. Comme au Danemark, il est possible de limiter la densité animale sur certains milieux et de relocaliser une part du cheptel. Enfin, l'expérience de certains territoires, où la reconquête de la qualité de l'eau a été érigée en priorité, montre qu'il est nécessaire de réorganiser l'activité agricole vers des systèmes moins productifs, à bas niveau d'intrants (à base de prairies, d'agriculture biologique, etc.). Bref, une gamme de solutions à adopter selon la sensibilité des milieux et leur aménagement.

Catherine Donnars,
Jean-Louis Peyraud, Pierre Cellier

(1) Voir Inra magazine n°18, octobre 2011, page 7 : « Pâturages contre marée verte ».

(2) European Nitrogen Assessment, 2011 : www.nine-esf.org/ENA

(3) La Commission européenne a, de son côté, engagé en 2009 un pré-contentieux à l'encontre de la France sur la transposition de la directive européenne. D'autres tensions réglementaires concernent la qualité de l'air et la mise en œuvre du Plan Algues vertes (2011).

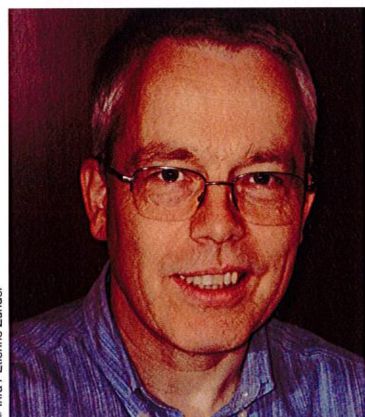
+d'infos

web :
Expertise collective : Les flux d'azote liés aux élevages, Inra, 2012 : www.inra.fr/l_institut/expertise/expertises_realisees/expertise_flux_d_azote_lies_aux_elevages

Institut Carnot :
l'innovation, c'est fondamental !


© Inra / Daniel Marc

L'Institut Carnot Santé animale (ICSA), troisième Institut Carnot porté par l'Inra, a été labellisé en mai 2011. En février 2012, sur le centre Inra de Tours, une première rencontre des équipes de l'ICSA faisait le point sur son activité. Etienne Zundel, son directeur, présente ici l'esprit de cette structure.


© Inra / Etienne Zundel

Qu'est-ce qu'un Institut Carnot ?

Etienne Zundel : C'est une structure de recherche d'excellence engagée dans la recherche partenariale, et labellisée Institut Carnot par le ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche sur proposition de l'ANR (1). L'ANR soutient ces structures et contribue à leur ressourcement scientifique, c'est-à-dire à l'amélioration de leur niveau de recherche fondamentale. C'est ce qui leur permet de développer ensuite une politique volontariste de recherche en partenariat avec les acteurs socio-économiques, pour aller vers l'innovation. On a trop tendance à opposer la recherche fondamentale et la recherche appliquée, alors qu'elles vont de pair. En effet, un objectif appliqué nécessite souvent des étapes de recherche amont : la recherche appliquée interroge et nourrit la recherche fondamentale. Réciproquement, la maîtrise des connaissances en amont est nécessaire pour construire l'expertise, tant scientifique que technologique.

Combien d'unités de recherche l'ICSA englobe-t-il ?

E. Z. : Nous regroupons quatorze unités de recherche et deux unités expérimentales, sous la tutelle de dix organismes différents, soit 800 équivalents temps plein, 66 millions d'euros de budget consolidé, et 9 millions d'euros de recettes partenariales (2). La Charte Carnot nous fait obligation de réponse aux demandeurs (3). Si nous possédons les compétences et expertises recherchées, nous construisons une réponse adaptée à la demande du partenaire extérieur. Si elles existent partiellement, nous allons rechercher

des compétences à l'extérieur pour compléter les nôtres et si elles n'existent pas, le demandeur est orienté vers un interlocuteur compétent.

Quel est l'intérêt pour l'Inra de participer à un Institut Carnot?

E. Z.: C'est d'abord une reconnaissance de l'excellence de la structure de recherche et de son partenariat par l'ANR et le MESR (4). Ensuite le dispositif Carnot permet de mieux formaliser le partenariat. Les trois Instituts Carnot, qui représentent 20 à 25 % des moyens de l'Inra, aideront à harmoniser l'ensemble du partenariat scientifique de l'Institut.

Vous affichez une lisibilité internationale ?

E. Z.: Les Instituts Carnot sont inspirés des Fraunhofer (5) allemands avec qui des accords bilatéraux existent pour développer des travaux et des appels à projets conjoints. L'ICSA va fêter son premier anniversaire et compte déjà de nombreux partenaires parmi les firmes multinationales, à côté des ETI/PME/TPE (6) français, des organisations interprofessionnelles, ou des collectivités territoriales.

Quelle est la différence avec un cluster ?

E. Z.: Les clusters sont des systèmes de production et d'innovation, avec des formats et des objectifs très variables selon les cas. Les Carnot sont des outils de développement des collaborations de recherche dans le cadre du partenariat public-privé. Sur le plan thématique, par rapport au Cluster d'infectiologie de la Région Centre, nous nous focalisons sur la santé animale. C'est une approche originale dans la mesure où elle est envisagée au sens « One Health ». Elle se structure selon trois axes principaux qui sont l'infectiologie - incluant parasitologie, toxicologie et pharmacologie - l'alimentation - incluant nutrition, systèmes d'élevage et bien-être - et la génétique, avec des outils tels que la génomique pour la sélection de types d'animaux adaptés à des conditions d'environnement changeantes.

Que signifie ce concept « One Health » et en quoi l'Institut Carnot le sert-il ?

E. Z.: En avril 2010, à la suite des épisodes de grippe aviaire, l'OIE (7), la FAO (8) et l'OMS (9) constatent dans une note commune (10) qu'il n'est pas possible d'envisager la lutte sans une approche coordonnée pour gérer les risques à l'interface animal-homme-écosystèmes : c'est le concept « One Health = une seule santé ». Par exemple, les zoonoses sont des maladies qui peuvent se transmettre de l'animal à l'homme, par contact (inhalation), comme la grippe aviaire ou par vecteur (tique), comme la maladie de Lyme. Les produits alimentaires peuvent également être contaminés par des bactéries pathogènes ou d'autres contaminants. Les échanges internationaux, de plus en plus rapides et faciles, participent à la dissémination des pathogènes. Il est donc logique d'appliquer cette continuité dans les approches de recherche.

En quoi l'ICSA est-il impacté par cette approche « One Health »?

E. Z.: D'une part, le concept de base de l'ICSA envisage toute la chaîne alimentaire humaine depuis la production primaire (l'élevage) jusqu'à la transformation, avec un impact fort de la santé animale à chacun des échelons. D'autre part, il se situe à l'interface du domaine biomédical humain par les modèles animaux qu'il met au point pour des maladies humaines, mais aussi par les modèles d'agents pathogènes (bactéries, virus, prions, parasites) qu'il étudie.

Comment résumer « l'esprit Carnot » ?

E. Z.: Lorsqu'on a un but finalisé, il est toujours utile et souvent indispensable de porter sa réflexion sur la recherche amont. Cette approche favorise l'innovation ultérieure. Sadi Carnot (11), à qui l'on avait demandé de perfectionner la machine à vapeur, a finalement posé les bases d'une discipline entièrement nouvelle : la thermodynamique, qui a donné lieu à beaucoup d'autres applications (moteur thermique des voitures, réfrigérateurs, etc.) ●

Propos recueillis par Laurent Cario

Les deux autres Instituts Carnot portés par l'Inra

• 3BCAR : Bioénergies, Biomolécules et Biomatériaux du Carbone Renouvelable

3BCAR propose une démarche d'éco-conception, pour développer l'utilisation des végétaux dans les domaines de l'énergie, de la chimie et des matériaux, selon quatre axes de compétences : biotechnologies vertes, biotechnologies blanches, transformations de la biomasse (physiques, chimiques et thermiques), analyse systémique et éco-conception.

Personnel recherche (ETP) : 622
Doctorants : 214
Budget consolidé : 46189 k€
Recettes recherche partenariale : 15074 k€

• Qualiment® met en œuvre les moyens scientifiques et technologiques nécessaires pour accompagner les industriels, selon cinq axes : structure des aliments, technologies et procédés agro-alimentaires, qualité sensorielle et perception du goût, comportement du consommateur, qualité nutritionnelle et effets sur la santé.

Personnel recherche (ETP) : 366
Doctorants : 150
Budget consolidé : 42905 k€
Recettes recherche partenariale : 10455 k€

(1) ANR : Agence nationale de la recherche www.agence-nationale-recherche.fr
(2) Pour l'Inra, cinq départements de recherche sont impliqués : Santé animale, Génétique animale, Physiologie animale et systèmes d'élevage, Microbiologie et chaîne alimentaire et Alimentation humaine.
(3) www.instituts-carnot.eu/fr/charte_Carnot
(4) MESR : ministère de l'Enseignement supérieur et de la recherche.
(5) www.fraunhofer.de/en/.html
(6) ETI/PME/TPE : établissements de taille intermédiaire/petites et moyennes entreprises/très petites entreprises.
(7) OIE : Organisation mondiale de la santé animale : www.oie.int/fr
(8) FAO : Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture : www.fao.org
(9) OMS : Organisation mondiale de la santé : www.who.int/fr
(10) Note tripartite conceptuelle : www.oie.int/doc/ged/D10854.PDF
(11) Nicolas Léonard Sadi Carnot (1796-1832) www.instituts-carnot.eu/fr/nom_carnot

+d'infos

contacts :
- ICSA : fanny.wacquet@paris.inra.fr, www.ic-sante-animale.org
- 3BCAR : lea.sasportes@paris.inra.fr , www.3bcar.fr
- Qualiment®: pauline.souvignier@paris.inra.fr, www.qualiment.fr

L'activité à haute intensité remède contre l'obésité infantile ?



© Inra / Christophe Maître

Une étude, menée par une équipe de chercheurs de l'Inra de Clermont-Ferrand Theix et de l'Université Blaise Pascal sur quinze adolescents obèses, a mis en évidence les bénéfices d'une activité physique intense sur la réduction spontanée de la prise alimentaire sans pour autant générer de sentiment de frustration.

L'obésité infantile est une préoccupation majeure de santé publique. Lorsqu'ils ne sont pas contrôlés, les enfants souffrant d'obésité peuvent ingérer plus de 3 000 calories par jour, soit environ 1 000 de plus que nécessaire. Jusqu'à aujourd'hui, les recommandations anti-obésité visaient à promouvoir une alimentation saine et la pratique régulière d'une activité physique d'intensité faible à modérée (inférieure ou égale à 60 % de la capacité aérobie maximale de l'enfant), sans compter les régimes alimentaires stricts qui sont de réels freins à la réussite d'un traitement contre l'obésité infantile.

Les chercheurs de l'Inra (1) sont partis du constat qu'une charge de travail intensive (supérieure ou égale à 70 % de la capacité aérobie maximale) peut diminuer la prise alimentaire spontanée chez l'adulte mince et ont transposé cette approche sur des adolescents obèses.

Maigrir en mangeant à sa faim

L'étude menée sur quinze adolescents obèses (de 12 à 16 ans) vise donc à démontrer qu'il est important d'introduire l'exercice intense dans les prises en charge hygiéno-diététiques des enfants obèses car il agirait à la fois sur la dépense d'énergie et sur la prise alimentaire. Pour cela les adolescents ont passé, dans un ordre aléatoire, trois journées en chambre calorimétrique (2) : une journée contrôle sans activité physique, une journée avec un exercice d'intensité faible et une journée avec un exercice de haute intensité. Les trois sessions d'exercices réalisées le matin à 11 h sur un vélo d'appartement duraient environ 10 minutes et étaient espacées d'une période de repos de quelques minutes. Durant ces 24 heures, la dépense énergétique, la prise énergétique spontanée à volonté et les sensations de faim ont été évaluées. Par rapport aux deux autres journées, la journée à exercice intense a permis une réduction de 15 % de la prise alimentaire aux repas de midi et du soir (soit une différence de 460 kcal), induisant un bilan énergétique (3) négatif sur la journée. Au final, l'exercice intense a généré un effet anorexigène chez les adolescents obèses, qui ont dépensé plus d'énergie qu'ils n'en ont consommée. De plus, la modification des apports énergétiques n'a pas été accompagnée de variation des sensations de faim, ce qui conforte l'hypothèse avancée pour un adulte mince d'un découplage entre les sensations de faim et la régulation par l'organisme de la prise alimentaire.

Offrir de nouvelles perspectives de prise en charge de l'obésité

Bien que l'exercice intense s'accompagne d'une période de repos plus longue, pendant laquelle la dépense d'énergie est moindre, la diminution de la prise alimentaire reste plus importante si bien que ce repos supplémentaire n'affaiblit pas l'intérêt de cette méthode. De plus, l'exercice physique intense a, de manière générale, des effets métaboliques favorables sur l'état physique de l'enfant (protection cardio-vasculaire, bien-être, etc.)

Si cet effet anorexigène de l'exercice favorisant un bilan énergétique négatif s'avérait maintenu de manière durable, cela ouvrirait des perspectives de prise en charge de l'obésité infantile sans avoir recours à des régimes alimentaires drastiques. ●

Sabrina Gasser

(1) Unité de Nutrition humaine (UMR UNH 1019) en collaboration avec le laboratoire de Biologie des activités physiques et sportives (BAPS – EA 3533), Université Blaise Pascal.

(2) Les chambres calorimétriques permettent de mesurer avec précision la dépense énergétique et l'utilisation des substrats énergétiques (protéines, lipides, glucides) d'un individu vivant dans des conditions autorisant un contrôle précis de son activité physique et de son alimentation.

(3) Le bilan énergétique est la différence entre les apports d'énergie (alimentation) et la dépense d'énergie.

+d'infos

› références :

Thivel D., Isacco L., Montaurier C., Boirie Y., Duché P.*, Morio B.* The 24-h energy intake of obese adolescents is spontaneously reduced after intensive exercise: a randomized controlled trial in calorimetric chambers. *PLoS One.* 2012;7:e29840.

Thivel D., Isacco L., Taillardat M., Rousset S., Boirie Y., Morio B.*, Duché P.* Gender effect on exercise-induced energy intake modification among obese adolescents. *Appetite.* 2011;56:658-61.

Thivel D., Isacco L., Rousset S., Boirie Y., Morio B.*, Duché *P. Intensive exercise: a remedy for childhood obesity? *Physiol Behav.* 2011;102:132-6.

** contributions équivalentes*

› contact :

beatrice.morio@clermont.inra.fr

L'Inra porte ses fruits

Même si les fruits ont des qualités nutritionnelles reconnues, leur consommation en France se situe encore en deçà des préconisations des programmes de santé nationaux. Ce constat a amené les chercheurs et les professionnels à accorder davantage d'attention aux déterminants de la consommation. Ils se sont récemment organisés sous la forme d'un groupement d'intérêt scientifique, le GIS « Fruits », dont l'originalité est de se pencher, non seulement sur les systèmes de production (sélection de variétés adaptées, production intégrée), mais aussi sur l'aval de la filière : transformation et consommation des fruits. Comment consommer plus de fruits, c'est le sujet de ce dossier, qui présente un cocktail tonique des résultats récents et des pistes ouvertes par les recherches de l'Inra pour stimuler la consommation de fruits.


INRA



© teressa - Fotolia.c

1 Vers une meilleure politique nutritionnelle

Une dizaine d'années de bons et loyaux efforts du message médiatique « 5 portions de fruits et légumes » n'a pas suffi : les Français, à l'image de leurs voisins, ne mangent pas suffisamment de fruits et légumes. Ils sont informés, mais n'en consomment pas plus pour autant. Des chercheurs de l'Inra et d'ailleurs tentent de comprendre ce phénomène et imaginent de nouvelles politiques publiques d'incitation à la consommation de fruits et légumes.

« Mangez 5 portions de fruits et légumes par jour ». Depuis une dizaine d'années, en France comme dans de nombreux autres pays, les politiques de santé publique diffusent ce refrain, repère de consommation optimale. L'amélioration de l'état nutritionnel de la population, qui passe, entre autres, par une plus grande consommation de fruits et légumes, est en effet un enjeu majeur pour la santé publique : de mauvais apports nutritionnels associés à une activité physique insuffisante seraient responsables de nombreuses maladies métaboliques et cardio-vasculaires. La nutrition est ainsi impliquée dans le diabète, l'obésité ou l'ostéoporose. Malgré ces nouvelles connaissances, ce repère nutritionnel n'a pas déclenché de véritable engouement. Selon la dernière enquête du Crédoc, réalisée fin 2011, les trois quarts de la population française sont loin de consommer cinq fruits et légumes au quotidien. Et ces mauvais chiffres révèlent également les profondes disparités qui subsistent entre générations et catégories socioprofessionnelles : 91 % des 3-14 ans ne mangent pas ces cinq portions et un ouvrier consomme 50 % de fruits et légumes de moins qu'un cadre… Les constats semblent similaires dans les autres pays : si le message est compris - quasiment l'ensemble des consommateurs est capable de réciter les recommandations de « 5 fruits et légumes par jour » - il est rarement appliqué. Aux Etats-Unis par exemple, une étude d'impact de la campagne « 5 a day » menée en 1991 et en 1997 a montré une progression dans l'assimilation du message, passant de 7,7 % des personnes interviewées en 1991 à 19,2 % en 1997. Mais, pendant cette même période, la proportion de consommateurs de « 5 portions et plus » n'est passée que de 23,4 % à 25,8 %. Beaucoup d'énergie pour un message qui, en France comme à l'étranger, ne soulève guère les courbes de consommation de fruits et légumes, toujours horizontales sur un marché réputé mûr et stationnaire. Martine Padilla (1) note ainsi : « *les campagnes de promotion ont bien été acceptées mais nous n'observons pas de changements de comportement chez les consommateurs.*

En Europe, les statistiques montrent que la tendance lourde est à la baisse de la consommation de fruits et légumes. Le seul segment en croissance, qui masque peut-être la tendance générale à la baisse, est celui des jus de fruits. Mais ce n'est pas le plus riche en fruits ! Ce secteur très vaste comprend notamment les nectars, boissons très pauvres en fruits et très riches en sucres. Ces campagnes de promotion ont toutefois l'avantage de familiariser les populations aux fruits et légumes, ce qui rend les attitudes positives ». Louis-George Soler (2) tempère : « *selon une étude de l'Afssa de 2008, la croissance de la consommation française de fruits et légumes entre 1999 et 2006 se situait autour de 25 g par jour et par personne. Si l'on suppose que cette croissance est seulement due aux campagnes d'informations diffusées entre 2001 et 2006, cela implique que ces campagnes ont induit un maximum de croissance de 4 grammes de fruits et légumes par jour par personne et par an, pour un coût total annuel de 10 millions d'euros. Cette hypothèse, plutôt optimiste, montrerait que les consommateurs français sont assez réceptifs à cette campagne d'information* ». L'efficacité de ces politiques publiques est en débat. Leur réel impact est difficilement mesurable. A défaut de créer de profonds changements alimentaires, le « 5 portions de fruits et légumes par jour » proposé par le programme national nutrition santé a cependant insufflé un élan dans la recherche sur la nutrition, la qualité des fruits et légumes et les comportements alimentaires. Pour Patrick Etievant (3), « *ces politiques publiques ont amorcé un semblant de hausse de la consommation mais surtout accéléré la recherche sur le sujet. L'expertise collective sur les comportements alimentaires réalisée en 2010 par l'Inra (4) en a compilé les principales avancées. Notre revue de la littérature scientifique a montré que seules, ces recommandations « 5 fruits et légumes par jour » ne sont pas suffisantes et provoquent des effets essentiellement marginaux. Mal comprises, stressantes voire stigmatisantes pour les petits consommateurs de fruits et légumes, souvent de classe sociale défavorisée, ces préconisations s'inscrivent dans un brouhaha médiatique et publicitaire souvent contradictoire* ».

Les odeurs influencent nos choix alimentaires

Une odeur de melon diffusée à « notre insu » inciterait à choisir plutôt des salades légères que des charcuteries. La poire quant à elle orienterait vers des choix de desserts légers. L'odeur de fraise, au contraire, associée à l'idée de gâteaux ou bonbons, aiguillerait vers des produits plutôt sucrés ou à haute densité énergétique… Selon les résultats d'une récente étude du Centre des sciences du goût et de l'alimentation de l'Inra de Dijon, les odeurs, utilisées comme amorces olfactives, influent sur les comportements alimentaires. Les travaux se sont intéressés à la composante non consciente de la mémoire mise en jeu lors de nos choix alimentaires, à savoir la mémoire implicite. En utilisant des tests indirects issus de la psychologie cognitive, les chercheurs ont recueilli les intentions de choix suscités par l'exposition à des odeurs de fruits. Lors d'un test d'évocation implicite réalisé avec une soixantaine de participants, les résultats indiquent que pour l'odeur de fraise, 61 % des évocations se rapportaient à l'envie de manger un produit sucré. *A contrario*, la perception de l'odeur de poire amorçait des intentions alimentaires plus « saines ». Les résultats de l'étude montrent également que ce sont les odeurs et les mots qui favorisent le plus l'envie de consommer des produits sucrés comparativement aux images. « *Les consommateurs ont bien intégré les messages explicites du type « mangez 5 fruits et légumes par jour » mais malheureusement cela influence peu leur comportement alimentaire* » explique Stéphanie Chambaron, coordinatrice de l'étude : « *nos travaux montreraient que des modes de communication plus implicites, comme l'utilisation des stimuli olfactifs, pourraient influencer les comportements alimentaires. Les investigations doivent se poursuivre et de nouvelles études vont être réalisées en situation réelle de consommation* ».


© Sven Grundmann - Fotolia.com

Inciter à consommer mieux

Si l'information seule ne convainc pas pour renverser les tendances, comment influencer durablement les comportements en matière de fruits et légumes ? Un casse-tête qu'essayent de relever ensemble politiques nutritionnelles et recherche… De nombreuses expérimentations autour des politiques nutritionnelles ont vu le jour pour réconcilier les consommateurs avec les fruits et légumes. D'aucuns ont subventionné directement des fruits et légumes à toute la population. D'autres ont distribué aux populations défavorisées des tickets à prix réduit pour l'achat de fruits et légumes. En comparant ces différentes politiques, l'expertise sur les comportements alimentaires a montré qu'il est plus efficace d'agir sur l'environnement du consommateur - en multipliant la disponibilité des fruits et légumes et en facilitant leur distribution - plutôt que sur son information. Un accès facile et durable augmente la consommation : cela passe par exemple par le remplacement des distributeurs de confiseries dans les écoles par des distributeurs de fruits de bonne qualité à la récré. Mais ces politiques interventionnistes coûtent cher. Selon Louis-George Soler, qui a réalisé/coordonné une analyse sur le coût de différentes politiques publiques, « *les politiques d'incitation à la consommation de fruits et légumes (information, messages nutritionnels), sont moins coûteuses, mais ont un impact modeste sur la consommation et*

sur les gains en terme de santé. De même, les interventions « non ciblées » subventionnant les fruits et légumes sont, d'après nos calculs, plus efficaces que celles qui subventionnent de manière ciblée la consommation des populations les plus défavorisées. La réduction des prix pour l'ensemble de la population reste plus efficace que les subventions spécifiquement ciblées pour les populations défavorisées, mais cette réduction ne diminue pas les inégalités sociales qui pèsent sur la consommation des fruits et légumes».



© Amelia Fox - Fotolia.com

Vers une éducation du goût

Autre programme lancé en 2008 par la France et financé depuis fin 2009 par l'Union européenne, « Un fruit pour la récré » propose une distribution de fruits dans les écoles primaires et secondaires. Des chercheurs, comme Martine Padilla, en ont étudié les impacts : « *ce programme a permis de mettre 320 000 enfants en contact régulier (de l'ordre de quarante fois par an en 2009/2010) avec des fruits, en y associant pédagogie et éducation au goût. Mais même ce programme ne peut lutter contre les inégalités : les enfants qui ont l'habitude de manger des fruits réagissent positivement au programme - ils en consomment plus - tandis que ceux qui mangeaient déjà peu de fruits à la maison n'ont pas significativement modifié leurs comportements* ». Suivant les conclusions de l'expertise collective précitée, le programme national pour l'alimentation s'est orienté depuis 2010 vers des projets favorisant l'aliment plaisir, *via* notamment l'éducation au goût. Ainsi l'Agence nationale pour la recherche finance depuis 2005 des projets de recherche autour des liens entre le comportement alimentaire, l'alimentation, la santé et les politiques alimentaires. Au centre des recherches : l'apprentissage du goût, qui serait un des moyens d'actions les plus efficaces pour augmenter durablement la consommation de fruits et légumes. Le Centre des sciences du goût et de l'alimentation de l'Inra de Dijon (cf. encadrés p. III et IV) s'inscrit dans la thématique générale de l'étude du comportement alimentaire et de son contrôle. Ses recherches vont de l'analyse de l'aliment proprement dit (arômes, textures) au comportement alimentaire (préférences, déterminants des choix), en passant par les mécanismes biologiques sous-tendant la perception sensorielle. L'Inra a également lancé en 2012 le métaprogramme Did'it, pour Déterminants et impact de la diète, interactions et transitions. D'une durée de dix ans, ce programme de recherche œuvre pour acquérir plus de connaissances sur les régimes et les politiques publiques nutritionnelles. Patrick Etievant, directeur du métaprogramme, détaille : « *en matière de fruits et légumes, nous avons l'ambition de soutenir des recherches visant à comprendre leurs effets sur la santé et à favoriser leur consommation,* via *notamment la base de données exemplaire sur la teneur en microconstituants des fruits que nous partageons au niveau de la recherche européenne. Au centre de nos préoccupations : les moyens pour faire changer les comportements* ».

Réduire le sucre des compotes ne diminue pas leur consommation

La manière dont l'acceptabilité des légumes ou des fruits varie - notamment chez les jeunes enfants - selon leur teneur en sel, en gras et en sucre n'est connue que de manière imparfaite. Dans le cadre d'une vaste étude sur la perception sensorielle liée au gras, sel et sucre, les chercheurs essayent de comprendre le rôle de la qualité sensorielle des aliments sur la consommation alimentaire, étape importante pour prévenir les mauvaises habitudes alimentaires. Sophie Nicklaus* a étudié le comportement et la consommation d'une soixantaine d'enfants de deux à trois ans en crèche à qui l'on proposait à volonté des compotes de pommes plus ou moins sucrées au goûter. « *Ajouter à une compote de pomme sans sucre du commerce 0,5 ou 10 % de sucre en plus ne change pas les quantités consommées par les jeunes enfants. Plus de sucre n'entraîne pas une plus grande consommation de compote : l'addition de sucre pourrait ainsi être évitée sans avoir un impact négatif sur la consommation de fruits des enfants. Nous nous sommes également aperçus que lorsqu'ils en disposaient à volonté, les enfants consommaient en moyenne 163 g de compote par jour, davantage que les 100 grammes de la portion habituelle du commerce* », livre-t-elle. Ces expérimentations démontrent aux professionnels de l'agroalimentaire et de la grande distribution qu'il est possible d'augmenter les portions de compotes et de les alléger en sucre sans pour autant réduire la consommation des tout jeunes consommateurs.

* Chercheuse au Centre des Sciences du Goût et de l'Alimentation de l'Inra de Dijon.

(1) Martine Padilla est chercheuse au Centre international de hautes études agronomiques méditerranéennes, CIHEAM.

(2) Louis-George Soler est directeur de l'unité « Alimentation et sciences sociales » de l'Inra de Versailles-Grignon.

(3) Patrick Etievant est directeur de recherche en alimentation humaine à l'Inra de Dijon

(4) Expertise scientifique « Les comportements alimentaires. Quels en sont les déterminants ? Quelles actions, pour quels effets ? », juin 2010. www.inra.fr/l_institut/expertise/expertises_realisees/expertise_comportements_alimentaires



2 La carte santé des fruits

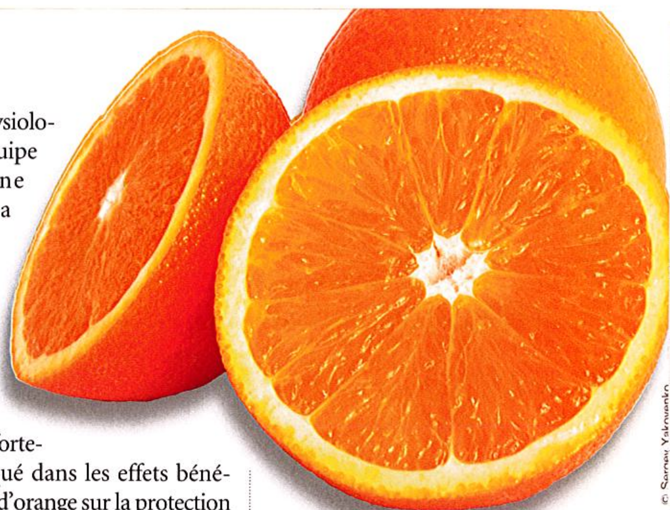
Les fruits ont un effet bénéfique reconnu sur la santé. Mais, comme souvent en nutrition, les preuves sont difficiles à obtenir tant le sujet est complexe. De nouvelles approches d'étude du génome et du métabolisme sans *a priori* contribuent à mieux connaître les nombreux composés bioactifs des fruits.

Il est maintenant admis qu'une consommation élevée de fruits (souvent associés aux légumes) exerce une action préventive contre certaines maladies chroniques : maladies cardio-vasculaires, cancers de l'estomac, du poumon, de la vessie... Cette hypothèse est étayée par de nombreuses études épidémiologiques réalisées depuis les années 1980 dans divers pays. Ces études consistent à établir des corrélations entre la santé des volontaires et leur régime alimentaire, ou encore à comparer le régime alimentaire de personnes saines et de personnes malades. Cependant, corrélation n'est pas preuve. L'effet des fruits est-il dû aux nombreux microconstituants qu'ils contiennent ? Au fait qu'ils remplacent dans la ration des lipides dont l'excès est un facteur de risque pour les pathologies en question ? Ou encore au fait que les gros consommateurs de fruits sont souvent sportifs ou peu enclins au tabagisme et à l'alcool ?... Probablement, à toutes ces raisons... Mais pour le démontrer, il faudrait pouvoir comparer rigoureusement l'évolution de la santé d'un grand nombre de sujets témoins et de sujets supplémentés en fruits ou en composants de fruits. Pour l'instant, aucune étude d'intervention de ce type ne s'est avérée suffisamment concluante. Tel était le constat en 2007 de l'expertise collective conduite par l'Inra à la demande du ministère en charge de l'Agriculture (1). Depuis, la recherche continue à accumuler des données en combinant un faisceau d'approches : études *in vivo* sur l'animal et l'homme, et *in vitro* sur des modèles cellulaires.

« Polyphénols » n'est pas égal à « antioxydants »

« *Un aliment d'origine végétale contient toujours plus de 200 micro-constituants* », établit d'emblée Claudine Manach (2). La recherche avance pas à pas en se focalisant successivement sur diverses catégories de molécules. L'effet bénéfique des vitamines (C, A), des minéraux (potassium, magnésium) et des fibres, est maintenant relativement bien établi (voir tableau). Plus tardivement, les chercheurs se sont intéressés aux polyphénols, dont plus de 500 molécules ont été déjà identifiées dans nos aliments. A ce propos, l'Inra a récemment développé et mis en ligne une base de données sur la composition des aliments en polyphénols (www.phenol-explorer.eu). Cet outil, très utilisé, permet en particulier aux épidémiologistes de caractériser les niveaux d'apport en polyphénols dans les cohortes et ainsi d'affiner les associations entre la consommation de ces micronutriments et l'incidence des pathologies. Pour le public, polyphénols = antioxydants. Mais ce n'est plus

tout à fait l'avis des chercheurs et ce « dogme » initial est actuellement remis en cause. « *On a un peu trop vite assimilé le rôle des polyphénols à celui d'antioxydant protecteur contre les attaques radicalaires qui altèrent les molécules vitales de la cellule (lipides, protéines et ADN)*, explique Christine Morand (2). *Mais c'est peu probable pour plusieurs raisons : d'abord, leur concentration dans le sang est si faible qu'ils ne jouent sans doute pas un rôle direct de piégeage des radicaux libres. Ensuite, ils sont activement métabolisés au niveau intestinal et hépatique si bien que les formes circulantes n'ont parfois même plus de potentiel chimique antioxydant !* » Ces considérations n'excluent évidemment pas que ces composants puissent avoir des effets physiologiques. L'équipe de Christine Morand a d'ailleurs démontré que l'hespéridine, le polyphénol majoritaire de l'orange, est fortement impliqué dans les effets bénéfiques du jus d'orange sur la protection cardio-vasculaire, que l'on observe sur des volontaires après consommation régulière de jus d'orange (3). *In vitro*, les chercheurs ont observé que ce polyphénol inhibe l'adhésion des cellules blanches (monocytes) sur les cellules de la paroi des vaisseaux, phénomène responsable de la formation de la plaque athéromateuse dont l'évolution à terme obstrue les vaisseaux (4).


© Sergey Yakovenko

Enfin, les analyses génomiques, réalisées au niveau de cellules humaines isolées (cellules vasculaires ou cellules blanches), viennent en appui de ces résultats : l'hespéridine module l'expression d'une centaine de gènes dont la plupart sont impliqués dans les mécanismes de fixation et de migration des monocytes dans la paroi vasculaire. « *Ces effets sont visibles aussi*

©Nicolas Raymond stock.xchg

Principaux nutriments « santé » des fruits

Composé	Nature chimique	Source	Principaux effets biologiques	Exemples de travaux Inra
Fibres	Polymères : polysaccharides et lignine	Fruits secs, banane	• Transit intestinal • Fibres solubles : action sur l'hyperglycémie, réabsorption du calcium	Fibres de pruneau et ostéoporose
Vitamine C	Acide L-ascorbique	Fruits frais, mais aussi compotes, jus	Métabolisme énergétique, formation de collagène	
Potassium		Tous fruits	Maintien de l'équilibre acido-basique	
Magnésium		Tous fruits	Maintien de l'équilibre ionique des cellules	
Polyphénols	Structure commune : un noyau aromatique et un ou plusieurs groupements hydroxyles (-OH) Flavanones, flavonoïdes, tanins, etc.	Fruits rouges, agrumes, pomme, etc.	Multiples actions	• Polyphénols d'agrumes et protection cardio-vasculaire • Polyphénols de pruneau et de myrtille et ostéoporose • Quercétine (myrtille, cassis, pomme) et protection des lipides alimentaires contre l'oxydation par le fer alimentaire apporté par les viandes rouges • Quercétine et protection contre la fonte musculaire
Caroténoïdes provitamine A (alpha et bêta-carotène)	Pigments oranges liposolubles	Mangue, melon, abricot	Rôle dans la vision	
Caroténoïdes non pro-vitamine A	Pigments rouges liposolubles	Orange sanguine, tomate	Potentiel anti-oxydant	Lycopène de la tomate et protection cardio-vasculaire

Source : Expertise scientifique collective : « Les fruits et légumes dans l'alimentation », novembre 2007 (1).

©lockstockb - stock.xchng



© DR

avec la naringine du pamplemousse, les anthocyanes de mûres et de myrtilles, les catéchines de la pomme, précise Dragan Milenkovic (2), spécialiste de cette discipline appelée nutrigénomique. *Par contre, nous n'avons pas observé d'effet sur les paramètres liés au stress oxydant. C'est ce qui nous conforte dans l'idée que ces polyphénols n'ont pas un pouvoir antioxydant direct, mais qu'ils agissent plutôt comme des molécules « signal » qui modulent l'expression de gènes impliqués dans certaines fonctions cellulaires qui contrôlent l'initiation du processus d'athérosclérose, comme ici la transmigration des cellules blanches dans les vaisseaux* ». Christine Morand quant à elle souligne que « *dans les études* in vitro *visant à décrypter les mécanismes d'action, il est primordial de travailler avec des concentrations physiologiques de polyphénols, c'est-à-dire celles qui existent réellement dans la circulation sanguine* ». Autre point capital pour les expériences *in vitro* : travailler avec les formes moléculaires qui sont réellement en contact avec les cellules, c'est-à-dire non pas les polyphénols présents dans les aliments, mais leurs métabolites issus des processus de conjugaison dans l'intestin et le foie. Pour ce faire, on peut utiliser du sérum de volontaires recueilli après ingestion de l'aliment riche en polyphénols d'intérêt. Ou bien se donner les moyens d'identifier ces métabolites circulants, puis de les synthétiser par voie chimique pour étudier leur action spécifique sur des modèles cellulaires.

« On ne connaît pas tous les bioactifs »

Claudine Manach développe une approche novatrice permettant d'avoir une image globale de tous les composés issus de la digestion des aliments. « *Nous commençons à avoir une bonne connaissance des métabolites des polyphénols de certains fruits. Nous avons ainsi identifié des métabolites spécifiques des terpènes des agrumes, qui pourraient servir de biomarqueurs de consommation, très utiles dans les enquêtes épidémiologiques pour savoir ce que les sujets ont réellement consommé. Mais pour chaque aliment, ce sont plusieurs centaines de signaux spécifiques que nous obtenons par l'analyse globale des urines en spectrométrie de masse. Cela nécessite une bonne méthodologie de traitement statistique du signal ! Il faut aussi mettre un nom sur toutes ces molécules, grâce à des bases de données encore en construction au niveau international. Le métabolisme de nombreux micro-constituants n'est pas connu chez l'homme et doit être prédit par des logiciels qui reconnaissent des motifs caractéristiques, sites d'enzymes digestives par exemple. C'est ainsi que l'on a pu identifier des biomarqueurs d'agrumes à partir des urines conservées dans les*

Le pruneau d'Agen et la santé osseuse



© DR

Véronique Coxam (Unité mixte de recherche en Nutrition humaine, centre de Clermont-Ferrand) participe au projet collaboratif Prun'-Active*, un projet FUI (Fonds Uniques Interministériels) consacré aux vertus du pruneau d'Agen et de ses dérivés. De par sa richesse en fibres, vitamines, minéraux ou polyphénols, le pruneau d'Agen pourrait en effet exercer un effet protecteur contre l'ostéoporose. Toutefois, il est difficile actuellement de préciser le ou les composés à l'origine de ce bénéfice, sans compter les synergies pouvant exister entre plusieurs molécules. « *La part de l'action d'une certaine classe de polyphénols (acides phénoliques) du pruneau d'Agen semble en réalité limitée,* détaille la chercheuse, *puisqu'aucun effet bénéfique significatif n'a pu être observé avec un acide phénolique isolé dans une expérimentation animale. Par contre, nous avons mis en évidence un effet préventif de la perte osseuse lié à l'action des fibres du pruneau d'Agen* ». Les fibres solubles sont des polymères de glucides qui arrivent intactes au niveau du côlon, où elles sont fermentées par la flore bactérienne. Cette fermentation provoque une diminution du pH, qui favorise la réabsorption du calcium au niveau du côlon, d'où l'effet positif sur le tissu osseux. Dans l'organisme, l'autre facteur de réabsorption du calcium, cette fois dans les parties hautes du tube digestif, est la vitamine D. Cependant, cette vitamine, synthétisée par la peau sous l'action des UV ou disponible dans les poissons gras, peut venir à manquer dans plusieurs cas : déficit d'exposition au soleil, peaux pigmentées, obésité (la vitamine D est séquestrée dans les graisses), vieillesse (l'efficacité de la synthèse diminue). On estime que plus de 50 % de la population mondiale est carencée en vitamine D. Les fibres du pruneau représentent en quelque sorte une « deuxième chance » de réabsorption du calcium nécessaire à la santé osseuse. Une étude clinique a débuté en 2011 sur des femmes ménopausées qui vont consommer 80 g de pruneaux d'Agen ou de jus concentré par jour pendant douze mois (l'équivalent d'environ six pruneaux d'Agen). L'impact sur la santé osseuse sera suivi par la mesure de marqueurs plasmatiques et de la masse osseuse. « *Cette étude en double aveugle contre placebo permettra de voir si l'on peut extrapoler les résultats obtenus sur des modèles expérimentaux à la physiologie de la femme ménopausée* », conclut Véronique Coxam.

* Les autres partenaires de ce projet sont Maître Prunille, le Bureau interprofessionnel du pruneau (BIP), Berkem, Polyphénols Biotech, l'Université de Bordeaux 2 et l'INSERM. Ce projet coordonné par Nutratech Conseils bénéficie d'un soutien financier de l'Etat et de la région Aquitaine.

biobanques à la suite de l'étude SUVIMAX (5). Ce type d'étude de « métabolomique », sans a priori*, devrait permettre de mettre en évidence d'autres molécules à effet santé. On pourra aussi étudier d'autres types de fruits, comme certains fruits tropicaux, souvent moins bien connus faute de capacités de recherche suffisantes dans les pays producteurs. « Nous élargissons peu à peu notre champ de vision, peut-être même n'avons-nous pas encore découvert des composés bioactifs majeurs ! »*, conclut Claudine Manach.

Allégations santé : le Saint Graal

Ainsi, l'effet santé des fruits est probablement lié à plusieurs types de constituants -fibres, vitamines, minéraux, polyphénols, caroténoïdes, etc.- voire à des synergies entre ces composants. Pour l'instant, très peu d'entre eux bénéficient d'une allégation santé selon les critères de l'EFSA, l'agence européenne de sécurité alimentaire, qui s'emploie depuis deux ans à établir un catalogue des allégations. Mais il y a beaucoup de demandes et peu d'élus ! Pas plus de 10 % sur plus de 2 000 dossiers évalués. En exemple positif, la vitamine C est reconnue pour son effet sur le métabolisme énergétique et la formation de collagène, tandis que la vitamine A et le bêta-carotène agissent bénéfiquement sur la vision. Par contre, la plupart des polyphénols et des caroténoïdes de fruits ont été recalés, soit par manque de preuves, soit par manque de caractérisation de l'ingrédient. Pas de quoi décourager la recherche, qui accumule les résultats et multiplie les approches complémentaires : essais cliniques et exploration des mécanismes d'action des constituants.



La valeur santé ne suffit pas

En conclusion, consommer des fruits (et des légumes !) ne peut procurer que des bénéfices... Les populations faiblement consommatrices (moins de 300 g de fruits et légumes par jour) ne couvrent les apports nutritionnels conseillés qu'à 64 % pour les fibres, 38 % pour la vitamine C et 77 % pour le potassium (source : expertise collective, 2007 (1)). Tandis que les plus forts consommateurs de fruits (et de légumes) ingèrent globalement moins de graisses, de sucres ajoutés et de produits transformés. Une consommation d'au moins 400 grammes par jour est conseillée (rapport de l'OMS de 2002), ce qui correspond en France à la recommandation bien connue du public de cinq portions de fruits et légumes par jour. Cette image santé positive n'est cependant pas suffisante pour doper significativement la consommation de fruits. Diverses enquêtes indiquent que, particulièrement pour les fruits, la valeur hédonique, c'est-à-dire la gratification sensorielle, est parfois prédominante sur la valeur utilitaire « santé ». L'aliment doit avant tout être bon ! D'autres critères doivent aussi être pris en compte pour convaincre les populations faiblement consommatrices, entre autres : le prix pour les populations à faibles revenus, la praticité pour les jeunes.

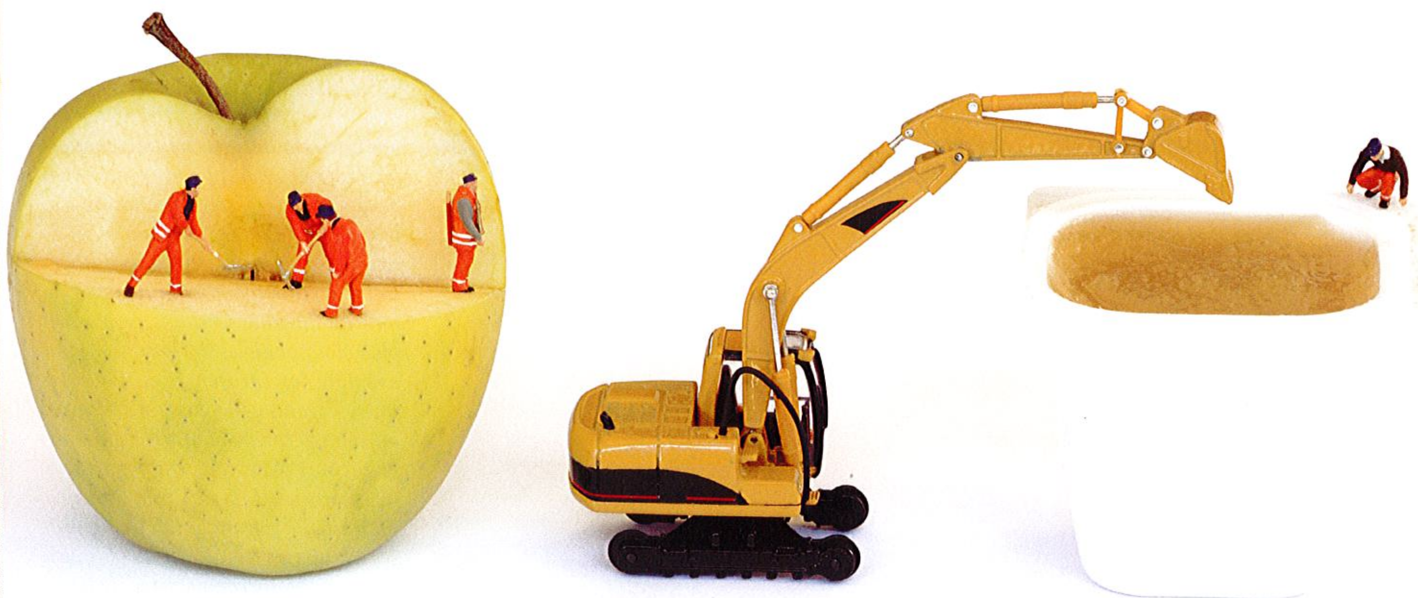
(1) Cette expertise a réuni une vingtaine d'experts qui ont établi un état des lieux des connaissances d'après la bibliographie : www.inra.fr/l_institut/expertise/expertises_realisees/les_fruits_et_legumes_dans_l_alimentation_rapport_d_expertise

(2) Unité mixte de recherche de Nutrition humaine, centre de Clermont-Ferrand.

(3) 500 ml de jus d'orange par jour pendant quatre semaines.

(4) La formation de la plaque est déclenchée au départ par l'accumulation de lipides dans les vaisseaux, qui induit la synthèse de molécules d'adhésion, qui provoquent à leur tour l'entrée et la fixation de monocytes et d'autres cellules blanches dans les vaisseaux. Le phénomène d'inflammation s'auto-entretient avec l'entrée de nouveaux monocytes et le développement de la plaque.

(5) Etude d'intervention (1994-2002) sur deux groupes d'environ 6 000 volontaires ayant reçu ou non un cocktail de bêta-carotène, de vitamines C et E, zinc et sélénium. Résultats : diminution de l'occurrence de cancers chez les hommes seulement.



3 Fruits transformés : un challenge pour la recherche

Les chercheurs modélisent l'effet des différents traitements réalisés par les industries agroalimentaires sur le devenir des nutriments et des micro-organismes contaminants. Transformer le fruit est un numéro d'équilibriste si l'on veut préserver à la fois ses qualités organoleptiques et nutritionnelles et sa sécurité microbiologique.

La pomme, principal fruit transformé en France, tient le haut du panier : un tiers de sa récolte est destiné à la production de purées et compotes. Mais elle n'est pas la seule : plus des 30 % des fruits que nous consommons sont transformés. Et la tendance est à la hausse : selon le CTIFL, entre 2000 et 2010, les volumes consommés de préparations à base de fruits ont augmenté de 26 % tandis que ceux en fruits frais ont connu un accroissement plus modeste de 6,8 %. Les pouvoirs publics l'ont compris : inciter à la consommation de fruits passe par la diffusion du message « 5 portions de fruits et légumes par jour », et aussi en proposant des aliments transformés de haute valeur nutritionnelle. L'Agence nationale de la recherche a ainsi financé en 2008 un projet de quatre ans coordonné par l'Inra, Tempantiox (1) sur les procédés innovants de transformation de fruits. Préserver la qualité nutritionnelle des fruits et maîtriser leurs risques d'altération microbiologique sont deux objectifs presque contradictoires. Car les nombreux procédés de transformation, comme la cuisson, l'extraction, la fermentation, les technologies de conditionnement et les conditions de conservation, qui garantissent au final l'hygiène et la sécurité alimentaire des produits, affectent aussi les propriétés des fruits frais et modifient leur disponibilité en vitamines, fibres alimentaires, polyphénols et micronutriments. Ces composés, impliqués dans les effets santé des fruits, sont sensibles, à des degrés divers, à l'oxygène de l'air et à la chaleur comme de nombreuses molécules présentes dans nos aliments. Ce sont d'ailleurs les mêmes qui sont des « antioxydants », c'est-à-dire qu'ils sont capables de réagir avec les espèces réactives de l'oxygène ou les radicaux libres. Pour Frédéric Carlin (2), « *la recherche sur la transformation des produits végétaux doit optimiser un ensemble de contraintes pour que le produit transformé soit microbiologiquement stable tout en préservant son intérêt nutritionnel. Il faut trouver le compromis optimal entre sécurité du consommateur et valeur nutritionnelle… tout en sachant que la valeur nutritionnelle d'un produit alimentaire n'est pas toujours simple à définir et qu'elle n'est pas seulement liée à la transformation : les choix variétaux, le mode de production agricole jouent également sur la qualité finale du fruit transformé.* » Les industries appliquent



© Bonduelle - cliché : Clémence Rigaux

PRÉLÈVEMENT d'un échantillon à la sortie d'un blancheur industriel (traitement à hautes températures de courte durée) dans le cadre de l'analyse de l'évolution de la concentration en vitamines au cours de la fabrication d'une conserve (projet ANR Ribenut). La technique utilisée ici sur les haricots, s'applique aussi aux fruits.

des barèmes thermiques élevés pour éliminer les micro-organismes thermophiles particulièrement résistants et communs dans les matières premières. Selon Catherine Renard (3), « *ces problématiques de persistance des micro-organismes dans les chaînes de transformation concernent surtout le segment des fruits et légumes non acides (pêches, bananes, etc.). En effet, l'acidité empêche la croissance des principales bactéries responsables de toxi-infections alimentaires telles* C. botulinum *ou* E. coli. *On considère donc que les produits à pH bas (< 3.5) sont intrinsèquement plus sûrs, même s'ils peuvent subir des altérations microbiologiques (bactériennes ou fongiques). Nous étudions beaucoup l'impact des traitements thermiques sur les fruits. Les chercheurs de notre unité, surtout chimistes et microbiologistes, étudient le comportement des micro-organismes et des micronutriments des fruits face aux variations de température, en fonction de leur environnement : pH, présence ou non d'oxygène, température, autres microconstituants, éventuellement présence d'enzymes... En effet, les différents microconstituants interagissent entre eux. Dans le projet Tempantiox, nous avons notamment étudié les interactions entre polyphénols et vitamine C : selon les conditions, les polyphénols peuvent soit avoir un rôle de protection de la vitamine C, soit au contraire être le moteur de sa dégradation. Il nous faut également comprendre les interactions des microconstituants avec la matrice du fruit. Certains deviennent plus biodisponibles après cuisson, par exemple les caroténoïdes. Pour les micro-organismes, nous voulons savoir où, dans la chaîne industrielle, ils s'implantent et se développent pour mieux les éliminer sans perdre trop d'énergie, ni trop cuire le fruit. Le but pratique de ces travaux est de calculer au plus juste le traitement thermique en connaissant la réactivité des microconstituants et la viabilité des micro-organismes en fonction des conditions (pH, présence d'oxygène, températures)* ».

Innover dans le domaine des fruits

Innover afin d'améliorer la compétitivité de la filière : c'est l'objectif que s'est fixé le Groupement d'Intérêt Scientifique, GIS fruits, qui associe l'Inra et 21 partenaires institutionnels et professionnels*. Ce GIS, dont la convention a été signée le 29 février 2012 en présence du ministre en charge de l'Agriculture, a pour but de coordonner des actions de recherche, d'expérimentation, de développement et de formation sur les fruits. Son originalité est de s'intéresser non seulement à la production et à la commercialisation des fruits frais mais aussi à leur transformation, aux attentes sociétales et aux déterminants de la consommation.



© Inra/ Christophe Maître

* Les 22 partenaires du GIS Fruits : Afidem, AgrocampusOuest, Apca, Bip, Cbnmed, Cep, Cirad, Ctcpa, Ctifl, Felcoop, Fnpf, FranceAgriMer, Gefel, Ifpc, Interfel, Inra, Itab, Ministère en charge de l'agriculture, MontpellierSupAgro, Peifl, Valorial, Vegepolys.

Ménager la chèvre et le chou

Frédéric Carlin s'intéresse au comportement des micro-organismes dans les industries alimentaires et à l'impact des procédés de transformation. Les « lois » mathématiques décrivant le comportement des micro-organismes ou l'évolution des concentrations de micronutriments présentent des similarités. Il devient dès lors possible pour un procédé donné de modéliser de manière parallèle ces évolutions. Son unité développe, en collaboration avec l'unité Inra met@risk à Paris et avec les partenaires du projet ANR Ribenut (4), un modèle prédisant les modifications de la concentration en vitamine C en fonction du risque d'altération des produits par *Geobacillus stearothermophilus*, bactérie très fréquente dans les conserves alimentaires. Hautement thermorésistante, non pathogène pour l'homme, cette bactérie est un indicateur précieux de l'hygiène de la production. « *Comment évolue le risque d'instabilité microbiologique d'un produit lorsqu'on souhaite améliorer sa teneur en vitamine C ? C'est une question à laquelle le modèle mathématique doit répondre* ».

Minimiser les dégradations nutritionnelles

Quel est l'impact des « nouveaux » procédés de décontamination sur la

Fruits frais : variétés nouvelles et à venir

La sélection ne s'arrête jamais pour essayer de concilier qualité, régularité de production et résistance aux pathogènes afin de diminuer les traitements. Et dans le domaine des arbres fruitiers, le processus de sélection est particulièrement long, il faut être sûr des résultats quand on plante de nouvelles variétés pour des dizaines d'années ! L'Inra a créé un « groupe fruits », au sein duquel les chercheurs échangent et coordonnent leurs travaux de sélection dans ce secteur peu pris en charge par la profession.

La cerise s'éclate !



On recherche activement une cerise grosse, ferme, précoce et surtout peu sensible à l'éclatement provoqué par les pluies… Un vrai défi ! Les travaux actuels visent à repérer des marqueurs moléculaires en croisant des variétés sensibles et résistantes à l'éclatement et en dénombrant les fruits éclatés pour chaque hybride. Parmi les variétés récentes issues des recherches de l'Inra, Folfer®, inscrite en 2005, connaît un grand succès. Ferme, régulière, très productive, elle est cependant encore sensible à l'éclatement.

La pomme : priorité à la résistance à la tavelure



Story®Inored, la dernière variété inscrite en 2011, est aussi résistante à la tavelure qu'Ariane - ce qui permet de réduire les traitements - mais d'un goût différent. Plus douce, elle se conserve aussi plus longtemps. Elle commence à se répandre dans le Sud. Citons aussi Antarès®Dalinbel, plus précoce et Choupette®Dalinette, qui a un niveau de résistance légèrement supérieur.

La clémentine : sans pépins



Le clémentinier peut perdre son avantage « sans pépins » s'il y a croisement avec un citronnier ou un mandarinier voisin. Trouver une variété triploïde stérile permettrait d'éviter ce risque. Les chercheurs (Cirad/Inra, Corse) testent différents croisements en ce sens et doivent s'assurer de leurs rendements sur plusieurs années. Résultats dans une dizaine d'années…

La pêche s'aplatit



Platibelle est une co-obtention Inra/Quartier Neuf. Elle appartient à la gamme des Platty® qui se singularisent des autres pêches et nectarines par leur fruit de forme plate associée à une chair de saveur douce, dénuée d'acidité. Très recherchée pour ses qualités gustatives, clairement identifiable à l'étalage et de mise en bouche plus aisée, cette variété est particulièrement adaptée au goût des enfants et aux utilisations de type «brunch».

La poire : un casse-tête



La poire est capricieuse, de production irrégulière. En outre, elle nécessite un processus subtil de conservation, puis d'affinage, afin de préserver toutes ses qualités gustatives. Depuis la sortie d'Angelys, de nombreux hybrides sont actuellement en expérimentation pour obtenir une nouvelle variété de qualité et moins sensible aux bioagresseurs.

L'abricot devient résistant à la Sharka



La variété Aramis® Shamade, obtenue par croisement, cumule une bonne résistance à la Sharka, l'autofertilité, la qualité des fruits et un bon comportement agronomique. L'Inra suit la robustesse de la résistance en vergers depuis trois ans chez des producteurs de la Vallée du Rhône, dans une zone fortement touchée par la maladie.



La fraise Gariguette (1976) a donné l'impulsion à la fraise française.

Le saviez-vous ?

➤ La banane et la lime (gros citron vert), sont naturellement triploïdes (trois stocks de chromosomes homologues), c'est ce qui explique qu'ils soient stériles, donc sans pépins. Dans les conservatoires d'espèces, on trouve des variétés de banane à pépins, qui sont aussi redoutables que du bois sous la dent !

➤ Certains fruits continuent de mûrir après cueillette : abricot, banane, kiwi, mangue, melon, pêche, poire, pomme, tomate… tandis que d'autres restent de marbre : agrumes, ananas, cerise, citron, fraise, myrtille, olive, pastèque, raisin.

dégradation des vitamines ? Ces « nouvelles » technologies (champs électriques pulsés, hautes pressions hydrostatiques, chauffage ohmique) ont été explorées dès les années 90. Leur adoption par les industries agroalimentaires est cependant très lente : les contraintes réglementaires sont fortes, les investissements coûteux et les consommateurs méfiants. Et leurs effets potentiels sur les qualités des produits sont encore méconnus. Le projet Tempantiox essaye de lever ce voile en s'intéressant au chauffage ohmique. Ce procédé, déjà installé sur quelques unités industrielles en France, chauffe instantanément le produit par effet joule. Pour un même effet pasteurisateur, il cuit moins le produit - et ainsi l'abîme moins - qu'une élévation continue de température. Le chauffage ohmique est particulièrement intéressant pour des produits contenant des morceaux et s'utilise généralement en formulation de produits composés. L'UMR Sécurité et qualité des produits d'origine végétale a ainsi étudié ce procédé de chauffage sur la préservation du pool d'antioxydants (polyphénols, vitamine C) et les caractères organoleptiques d'un dessert fruitier comprenant des morceaux de fruits dans une purée de pommes. Catherine Renard explique : « *en comparant avec les impacts d'un chauffage classique, l'utilisation du chauffage ohmique donne des morceaux plus fermes, une couleur moins brune, et une moindre dégradation de la vitamine C. Mais l'étape de mélange facilite l'accès de l'oxygène aux fruits. Nous avons aussi modélisé les variations de la texture de la purée, et nous avons montré que cette texture peut être « pilotée » par la maîtrise de quelques caractéristiques clés comme la concentration et la granulométrie des particules, complétées par la viscosité du sérum. Nous avons montré que si certains polyphénols peuvent migrer dans l'ensemble du produit, d'autres restent fixés dans les particules ou les morceaux, ce qui influence leur réactivité et probablement aussi leur biodisponibilité* ». Les chercheurs se sont ainsi attachés à quantifier et comprendre les réactions d'oxydation, l'inactivation de l'enzyme responsable de ce processus et les réactions couplées entre les différents antioxydants. Ils ont abouti à la mise au point d'un simulateur qui calcule l'état d'avancement de ces réactions.



PURÉES DE POMME modifiées par broyage, centrifugation et recombinaison. Elles ont été utilisées pour étudier les relations caractéristiques / propriétés rhéologiques et sensorielles.
N : non broyé ; MB : moyennement broyé ; TB : très broyé.

Des alternatives au chauffage

Les chercheurs de l'Inra ont également examiné au tout début des années 2000 l'effet des hautes pressions hydrostatiques, technologie développée dans les années 80 (5). Ce procédé, *via* une pression exercée sur les micro-organismes, pasteurise les produits alimentaires, tout en préservant la couleur, l'arôme et les vitamines des fruits frais. Il a été très exploré pour le traitement de jus de fruits, où les améliorations olfactives évidentes sont contrebalancées par un mauvais impact sur la texture des jus, qui présentent systématiquement des précipités. Malgré son fort potentiel innovant, peu de produits « pascalisés » sont disponibles en France. D'autres procédés alternatifs à la chaleur ont également été étudiés : « *On a examiné l'intérêt de la lumière pulsée pour décontaminer les surfaces ou les liquides transparents. Cette technologie applique sur le produit des flashes de lumières intenses pour des durées très courtes. Malgré son athermie et son efficacité sur de nombreux micro-organismes, cette technologie ne peut traiter en profondeur. Des essais peu convaincants ont été réalisés en post-récolte sur des tomates* », remarque Catherine Renard. Les champs électriques pulsés, qui permettent des décontaminations de surface efficaces, ne sont pas encore développés à l'échelle industrielle car il faut des produits circulants fluides, sans bulles et qui restent stables sous des champs électriques intenses. D'autres technologies prometteuses pour des applications spécifiques sont la lumière UV (traitement de surface), le CO_2 sous pression (liquides), l'ozonation (traitement de surface)… sans oublier l'irradiation, à l'efficacité et l'innocuité démontrées mais non acceptée par les consommateurs pour les produits alimentaires.

La recherche expérimente aujourd'hui les hautes pressions ou champ électrique pulsés avec des températures élevées pour bénéficier d'une synergie entre les deux procédés. Car, malgré les nombreux efforts, aucun procédé n'a jusqu'à présent pu détrôner la cuisson, procédé le plus polyvalent et le plus universel.

(1) Tempantiox, des procédés innovants pour proposer des produits transformés à base de fruits aux qualités organoleptiques et nutritionnelles optimisées (2008-2011).
(2) Frédéric Carlin, directeur de recherche dans l'unité Sécurité et qualité des produits d'origine végétale (SQPOV) Inra Avignon.
(3) Catherine Renard, directrice de l'unité de recherche Sécurité et qualité des produits d'origine végétale (SQPOV) Inra Avignon.
(4) Ribenut, Nouvelles approches pour une évaluation du compromis risque microbiologique - bénéfice nutritionnel pour les légumes traités thermiquement (2010-2013).
(5) High pressure treatment of liquid foods and derived products (FAIR CT96 : 1113).

Dossier rédigé par **Cécile Poulain** et **Pascale Mollier**
Responsables scientifiques :
Hervé Guyomard, Christine Cherbut

+d'infos

web :

- Programme et vidéos du CIAG (Carrefour de l'innovation agronomique) du 14 octobre 2010 à Avignon : www.inra.fr/audiovisuel/web_tv/ciag/qualite_des_fruits_et_legumes
- Expertise collective fruits et légumes, rapport et colloque du 13 novembre 2007 à Paris : www.inra.fr/presse/expertise_fruits_et_legumes

REPORTAGE

Le jardin créole, un modèle d'agroécologie



© Inra / Harry Ozier-Lafontaine

A la fois garde-manger, pharmacie et réservoir de biodiversité, le jardin créole est un élément incontournable du paysage rural et culturel des Antilles. Par la diversité des espèces cultivées, la coexistence de multiples strates (des herbacées aux arbres) et leur multifonctionnalité, il constitue un modèle d'agriculture écologique durable. L'unité Agrosystèmes tropicaux Astro Inra des Antilles-Guyane s'intéresse depuis une trentaine d'années aux associations de cultures de ces jardins pour proposer des alternatives aux monocultures intensives.

Des taros étalent leurs feuilles généreuses auprès de l'igname volubile. Plus loin, les pois d'angole font de l'ombre à quelques pieds de maïs. Au pied d'un manguier, un cochon planche se régale des fruits tapissant le sol. Parfois une vache, au piquet, broute des adventices éparses. Plus d'une douzaine d'espèces végétales herbacées, arbustives et arborées fourmillent sur ces parcelles dont la surface excède rarement plus de 200 m². Jardin « créole » aux Caraïbes, « bo kay » en Martinique, « lakou » en Haïti, « taungya » en Asie, il concerne aussi bien l'Amérique centrale et tropicale, les Antilles, que les régions d'Afrique, d'Asie du Sud-Est, d'Inde et même d'Europe. Dans les îles de la Caraïbe, le jardin créole s'est construit à la confluence des civilisations amérindiennes et de l'esclavage et fournit aux populations une petite autonomie alimentaire.

Un modèle d'étude

La coexistence de nombreuses espèces dans le jardin stabilise la production et répartit les risques pour le producteur. Comme dans une forêt, les espèces sont agencées de manière à occuper une « niche écologique » permettant leur coexistence et la facilitation de processus profitant à l'ensemble.
Souvent associé à un petit élevage, c'est également un modèle de recyclage efficace de flux de matières. Depuis une trentaine d'années, des chercheurs du centre Inra Antilles-Guyane étudient les associations végétales de ces jardins créoles et les techniques traditionnelles qui y fleurissent. Ils se penchent sur les différentes fonctionnalités des espèces plantées et les niches écologiques qu'elles occupent. « *Nous voulons pouvoir expliquer scientifiquement comment et pourquoi sont conçues les associations entre les différentes espèces, pourquoi l'igname est plantée à côté des taros ou le haricot entre les rangs de maïs.*
Ces associations entre espèces permettent des rendements souvent supérieurs à ceux des cultures monospécifiques.
Une synthèse réalisée par Peter Jolliffe en 1997 montre en effet que sur 54 essais comparant des cultures pures et des cultures associées binaires, 70% des associations culturales affichent des

rendements supérieurs aux cultures pures. Nous cherchons à modéliser les compétitions et les complémentarités entre les différentes espèces et les différentes strates de cet écosystème très productif... » confie Harry Ozier-Lafontaine, chercheur à l'unité Astro. Longtemps ignorées par la profession, les recherches sur les associations culturales et les jardins créoles retrouvent leurs lettres de noblesse. Selon le chercheur, « *après avoir été moquées par les agriculteurs qui ne comprenaient pas l'intérêt que l'on portait au jardin créole, nos recherches suscitent aujourd'hui un vif intérêt auprès des professionnels. Depuis une dizaine d'années, les problèmes de pollutions agricoles ont modifié leurs visions de l'agriculture. Ils viennent maintenant vers nous pour voir ce que l'agroécologie peut leur apporter dans leurs cultures* ». Autour de cette problématique, une quinzaine d'agronomes, mathématiciens, informaticiens et écologues conçoivent ensemble des outils de diagnostic agronomique. L'évaluation des performances y est délicate ! La multiplicité des espèces, l'hétérogénéité de leur assemblage et de leur cycle, mais également les différents usages (consommation, vente, rituel...) compliquent les analyses.



P. KABELA possède son propre jardin créole. Il répartit ses différentes espèces en fonction de principes qu'on lui a transmis et qu'il a intégré dans sa stratégie.

Petit jardin deviendra grand

Harry Ozier Lafontaine introduit en 2000 le concept de « plantes de service ». « *Le terme utilisé au départ était « plantes de couverture » avec comme fonctionnalité essentielle la couverture du sol pour diminuer le risque érosif éolien ou hydraulique. Mais, en rotation ou en compétition maîtrisée, d'autres services pouvaient être proposés par les plantes, comme la capture-fourniture d'azote, le contrôle parasitaire, la régulation de l'enherbement ou encore la réduction du lessivage des minéraux* ». Le Cirad et l'Inra proposent ainsi une collection de plantes de service testées pour ces différents services écosystémiques. A terme, grâce à la modélisation des associations entre ces plantes, les scientifiques veulent pouvoir répondre aux problématiques posées par l'agriculteur : « *Quels décalages dois-je introduire dans mes semis pour planter quatre espèces sur une même parcelle et favoriser leur complémentarité? Avec quelle géométrie et quelle densité dois-je les semer pour optimiser leurs niches et réduire les impacts de la compétition entre elles pour l'eau, la lumière et les éléments minéraux? Comment optimiser les fonctions de protection vis-à-vis des bioagresseurs (barrière, piège, dilution, allélopathie...) en créant les mélanges d'espèces et/ou de variétés les plus appropriés?* »

Plusieurs espèces sont déjà intégrées dans les pratiques culturales des planteurs de bananes, comme la *Drymaria cordata* ou la *Styloxantes*, plantes de service couvrantes pour lutter contre les adventices et réduire l'érosion ou encore les *Crotalaria* et le *Canavalia ensiformis* qui fixent l'azote et régulent les nématodes. Les crotalaires sont déjà adoptées par de nombreux planteurs dans des jachères pour assainir les parcelles. « *Les professionnels de l'agriculture sont intéressés par nos plantes de service. La filière « banane dessert », notamment, très organisée sur notre territoire, intègre rapidement les innovations dans ses pratiques culturales* » précise Harry Ozier-Lafontaine. Les chercheurs de l'unité réfléchissent aujourd'hui aux manières d'utiliser à plus grande échelle les techniques utilisées dans les jardins créoles. Des avancées ont été réalisées dans le cas des semis directs sous couvert au Brésil avec la mise au point de semoirs multiespèces et de rouleaux destinés à tasser la plante de service sans la tuer pour permettre le passage entre les rangs. ●

Propos recueillis par Cécile Poulain



ON TROUVE DANS CES JARDINS CRÉOLES une multitude d'espèces vivrières, maraîchères, fruitières, aromatiques, médicinales destinées principalement à l'autoconsommation familiale.

+d'infos

contact :

harry.ozier-lafontaine@antilles.inra.fr

Les alpages à l'épreuve des loups



© Inra / Marc Vincent

FIN DE TRANSHUMANCE en Haute-Ubaye (04).

Une quinzaine d'années de recherches sur l'évolution du mode de gestion de territoires difficiles se concluent par la publication d'un ouvrage synthétique sur les contradictions générées par l'expansion du loup, espèce protégée, et le maintien d'activités pastorales encouragées de longue date. La protection des troupeaux contre les attaques est laborieuse et souvent dérisoire, ce qui oblige localement à repenser la manière de faire face à des confrontations non souhaitées.

« *Par cette synthèse, nous transmettons à tous les publics les éléments techniques qui éclairent des enjeux locaux et nationaux* », explique Marc Vincent (1). « *Les loups occupent aujourd'hui des espaces dévolus au pastoralisme. Nos études scientifiques et enquêtes menées au plus près des acteurs de terrain ont montré les limites de la protection passive des troupeaux telle qu'elle est déployée aujourd'hui. Le coût des soutiens ainsi que le montant des dégâts indemnisés augmentent très fortement d'année en année* ».

Gérer le retour du loup dans la bergerie ?

Depuis la disparition des loups en France au début du XXe siècle, les territoires ont changé de modes d'occupation par l'homme : présence pastorale permanente ou saisonnière, développement touristique et économique, beaucoup d'activités doivent partager les mêmes lieux au rythme des saisons. Aujourd'hui, personne ne peut dire si la rencontre « du sauvage et du domestique », très marginale il y a dix ans, ne va pas devenir la norme un peu partout. « *Pourquoi pas ?* poursuit Marc Vincent, *mais il faudra trouver de nouvelles parades pour compléter le dispositif de protection des troupeaux. En conférence, j'emploie parfois le mot d'impasse pour souligner l'urgence de progresser dans la réflexion.* »

Dans le Jura ou les Vosges, quelques accidents montrent que des loups ont essaimé çà et là, préfigurant -peut-être ce que des bergers connaissent quotidiennement dans les Alpes. Pourtant, les populations d'ongulés sauvages sont pléthoriques partout en France. Comment décourager les loups d'attaquer ces proies faciles que sont les animaux domestiques ? Comment anticiper les déplacements de leurs populations ou trouver des moyens d'effaroucher un loup isolé ? Pour Marc Vincent, « *la collectivité doit aller plus loin que la simple observation de leur expansion. Si l'on ne contient pas les loups, le risque est de désorganiser un pastoralisme qui participe pourtant à l'entretien des territoires. Notre réflexion éclaire les contradictions qui mettent certains éleveurs en difficulté, du fait de décisions prises il y a vingt ans pour protéger le loup* ».

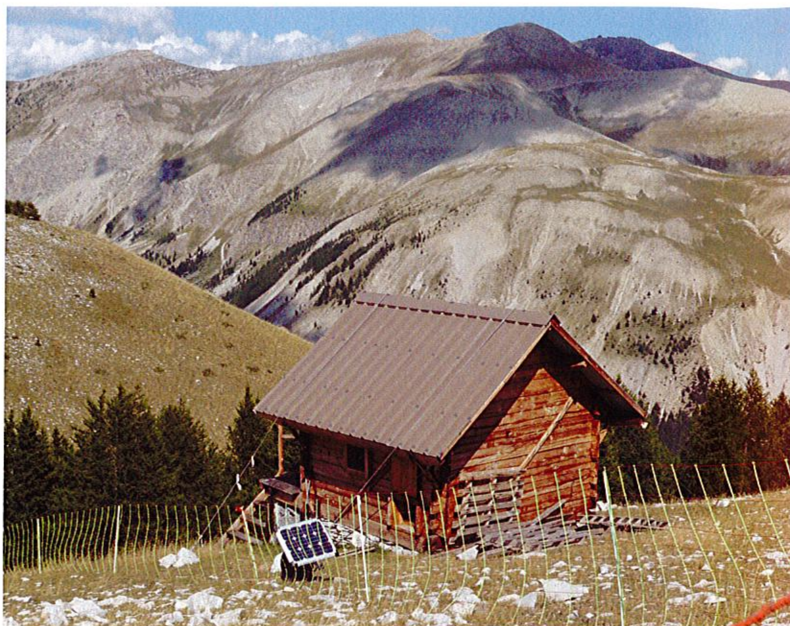
LOUP ITALIEN ou « des Abruzzes », Vanoise, hiver 2006.



© ONCFS/Gauthier Grienche

Des protections rapprochées

Depuis une dizaine d'années, aides-bergers, clôtures et chiens de protection constituent les trois piliers de la protection passive des troupeaux.
De nouvelles cabanes ont été aménagées pour que l'homme soit plus proche du troupeau la nuit. Sa présence a été renforcée : les aides-bergers participent au travail de surveillance et de maniement du troupeau, au déplacement des enclos, au transport de matériels et de provisions, aux échanges avec la vallée... tâches que le berger assumait seul autrefois. Les chiens de protection - les patous - élevés au milieu des moutons, dissuadent par leur présence les loups de s'approcher et, parfois, les mettent en fuite.


© Inra / Marc Vincent

UNE CABANE d'appoint dite « cabane prédation » avec le filet électrifié de l'enclos de nuit (massif du Grand Coyer (04), plus de 2 000 m).

Des dégâts collatéraux

Alimenter des animaux sur parcours est un métier difficile (2). L'arrivée des loups ajoute de la complexité à l'élevage, et des servitudes pour l'homme. L'établissement des parcs implique d'incessants travaux de pose et de vérification de clôtures. Les mouvements du troupeau sont multipliés, augmentant le stress des animaux et leur dépense d'énergie. Au lieu de pâturer ou se reposer, ils sont rassemblés et parqués pour la nuit, éventuellement redescendus en urgence vers l'aval en cas d'attaque de loups. Ces trajets dégradent les sols fragiles des alpages. Les déjections sont concentrées sur de mêmes espaces, entraînant la pollution des eaux de ruissellement et une éventuelle dégradation sanitaire des animaux.
Des statistiques ont montré que l'action des chiens de protection ne réduit que légèrement le nombre de pertes. Ils sont parfois dépassés, comme dans le cas d'une attaque à Ceüze (Hautes-Alpes) en 2010. De plus, ces gros chiens doivent être entretenus à l'année, et certains peuvent sortir du « cadre imparti », par exemple agresser des randonneurs.
Les indemnisations des dégâts s'appuient sur les cas de mortalité constatée, ce qui masque les bêtes blessées et non repérées, les brebis qui avorteront, perdues ou tombées en des lieux inaccessibles. Certains éleveurs, ne supportant plus le stress des attaques ou la souffrance de leurs animaux, cessent leur métier. D'autres se sont adaptés et ont considérablement fait évoluer leur système d'élevage.

Quelques chiffres

- **Le travail supplémentaire pour le berger en zone de présence des loups, + 7 h/jour, compensé par l'aide-berger.**
- **Le soutien au pastoralisme : six millions d'euros pour 2010, presque deux fois plus qu'en 2006. La somme subventionne en partie les clôtures, les aides-bergers, les chiens de protection et leur entretien pendant la durée de l'estive. Les cabanes dépendent des collectivités locales.**
- **L'indemnisation des dégâts constatés : un million d'euros en 2010.**

CHIEN DE PROTECTION, race Montagne des Pyrénées dit patou, au travail (Queyras, 05).


© Inra / Marc Vincent

Préserver l'entretien des territoires ?

Pour assurer des débroussaillages réguliers contre les feux d'été ou entretenir des massifs forestiers en moyenne montagne, l'activité pastorale avait été confortée après une très grande période d'incertitude. Des collectivités se sont organisées pour retrouver des terres de parcours. Ailleurs, des troupeaux pâturent en proximité de villages. Les idées germent pour contenir le développement de la broussaille autrement que par les engins mécaniques ou les désherbants. Les loups, si leur expansion se confirme, ne remettront-ils pas en cause le redéploiement de ces activités d'intérêt général ? Et Marc Vincent de conclure : « *les espaces pastoraux sont très contraints par le climat, les sols et les multiples occupations de l'homme. Il faut leur construire un futur raisonnable qui passerait peut-être par la création d'une louveterie renouvelée* ».

Brigitte Cauvin

(1) Unité Ecodéveloppement, centre Inra d'Avignon.
(2) *Un savoir-faire de bergers*. Michel Meuret coord., Editions Quae et Educagri, 2010, 336 p., 25,40 €. (16,50 €. en pdf).

+d'infos
publications :
Les alpages à l'épreuve des loups. Marc Vincent, Editions Quae et Maison des sciences de l'homme, 352 p., 2011, 28,40 €. (18,50 €.en pdf)
contact : Marc.Vincent@avignon.inra.fr

Les arbres de la Villa Thuret un modèle d'acclimatation


© Inra / Christian Slagmulder

Le 1er janvier 2012, le jardin botanique de la Villa Thuret est devenu une unité expérimentale dirigée par Catherine Ducatillion, ingénieur à l'Inra. Cette unité est dédiée à l'étude de l'acclimatation des arbres au climat méditerranéen, sujet de fort enjeu dans le contexte du changement climatique.

Les *Myrtaceae* (eucalyptus par exemple), Les *Proteaceae* (macadamia…) ou les *Malvaceae* (hibiscus…) sont quelques exemples de familles d'arbres rares que l'on peut admirer en arpentant les 3,5 hectares de l'arboretum Thuret. Ces arbres, originaires de pays lointains et introduits à partir du 19e siècle, vont servir de modèles pour acquérir des données sur l'acclimatation. « *Nous étudions l'adaptation d'arbres ayant un intérêt pour la production de bois de qualité, de biomasse, de biomolécules ou le maintien d'un couvert forestier* », explique Catherine Ducatillion. C'est la mission principale de l'Unité expérimentale Villa Thuret (UEVT) qui vient d'être créée. « *La stratégie d'acclimatation a changé avec l'évolution des connaissances, poursuit la chercheuse, nous sommes en mesure de mieux choisir les espèces, voire les provenances à introduire, en tenant compte de la variabilité génétique. Nous allons aussi renforcer les observations du cycle végétatif des arbres en fonction des saisons, dans le cadre de l'étude du changement climatique. Ces dix dernières années, nous avons par exemple mis l'accent sur l'introduction de chênes venus du bassin méditerranéen oriental ou d'Amérique centrale* ». Les recherches incluent l'étude des

Un réseau d'arboretums pour conseiller les reboiseurs

Michel Verger, chargé de mission pour la coordination des unités expérimentales du département de recherche « Ecologie des forêts, prairies et milieux aquatiques » de l'Inra.

« La Villa Thuret remplit un double rôle. Premièrement, c'est maintenant une unité expérimentale qui s'ajoute à notre dispositif d'observation et d'expérimentation pour étudier l'adaptation des forêts aux changements climatiques. Deuxièmement, c'est un arboretum d'une richesse exceptionnelle en tant que réservoir de biodiversité végétale. D'autres arboretums ont été créés par l'Inra dans le passé, en région méditerranéenne, mais aussi dans le Massif central, en Normandie, etc. Leur objectif initial était de conseiller les reboiseurs sur les espèces à utiliser en conditions environnementales difficiles (haute altitude, pollution atmosphérique) ou lors d'épisodes de dépérissement majeur comme ce fut le cas pour la forêt méditerranéenne dans les années 60-70. Nous allons valoriser et coordonner ce réseau d'arboretums, qui constitue un observatoire scientifique sur le potentiel adaptatif, mais aussi invasif, des espèces qu'ils renferment. Là encore, le spectre de valorisations scientifiques et techniques est considérable ».*

* Mission complémentaire confiée à Catherine Ducatillion, directrice de l'UE Villa Thuret.

espèces végétales envahissantes, un autre phénomène dont l'acuité augmente avec le développement des transports et des échanges internationaux

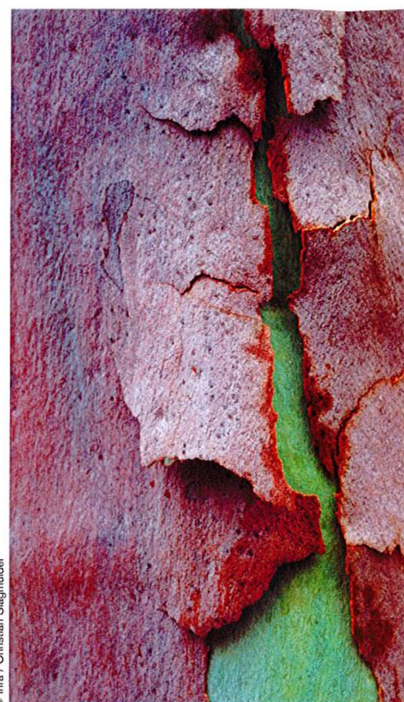
L'Unité expérimentale entretient, gère et valorise les collections du jardin botanique historique : 1 250 espèces ligneuses réparties dans 150 familles botaniques. Ici, les végétaux se développent librement, sans taille, sans arrosage et sans traitement chimique. Car l'objectif est de tester la capacité des plantes introduites à tolérer les conditions naturelles locales (climat, sol...). Aux côtés de ces collections vivantes, un herbier et une bibliothèque historiques ainsi qu'un ensemble d'archives (notes et correspondances sur les travaux d'acclimatation, fichiers, plans...) complètent ce patrimoine biologique.

Un patrimoine à disposition du public

En 2011, l'équipe de botanistes de l'Inra et leurs partenaires ont accueilli 15 000 visiteurs en visite libre et 2 800 personnes en groupes (visites guidées ou enseignement supérieur). Plusieurs de ces partenaires sont hébergés sur place : le Conservatoire botanique national méditerranéen, le Conservatoire des écosystèmes de Provence, le Centre permanent d'initiatives pour l'Environnement des îles de Lérins et Pays d'Azur.



© Inra / Catherine.Ducatillion



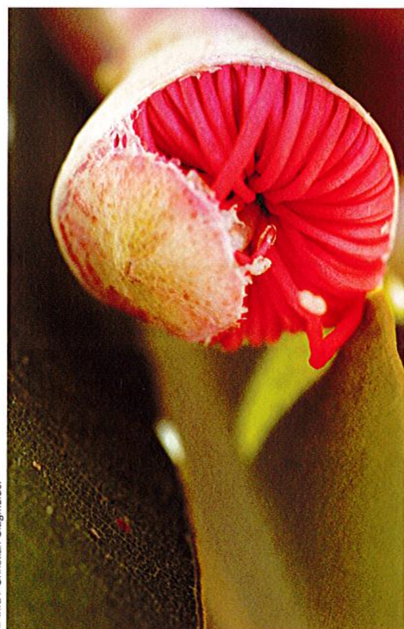
© Inra / Christian Slagmulder

❶ CET ARBOUSIER originaire du Bassin méditerranéen oriental est un bon candidat pour les aménagements périurbains et les parcs forestiers du fait de ses qualités ornementales, de sa résistance à la sécheresse et à la canicule, de la qualité de son bois.

❷ L'ÉCORCE de *Corymbia citriodora*, un cousin des eucalyptus, se détache en fin de printemps. Ce caractère, témoin d'un état physiologique particulier de l'arbre, pourrait constituer un marqueur intéressant à suivre dans le cadre du changement climatique.

Un projet de partenariat étroit avec les collectivités locales est en cours, pour renforcer les missions du jardin en matière de formation, d'éducation, d'environnement et d'accueil du public. ●

Armelle Favery



© Inra / Christian Slagmulder

FLEUR d'*Eucalyptus ficifolia* : les pétales soudés se détachent pour laisser apparaître les étamines rouge vif.

Un peu d'histoire...

Gustave Thuret (1817-1875), algologue et botaniste, reconnu pour ses travaux sur la reproduction des algues, est séduit par le climat et la nature sauvage du Cap d'Antibes. En 1857, il y achète un terrain de cinq hectares et crée un jardin botanique.
Les débuts du jardin sont difficiles car Gustave Thuret découvre les conditions climatiques irrégulières de la région et notamment la sécheresse estivale et les pluies torrentielles d'automne. Il se heurte aussi à la difficulté de trouver les plantes qu'il recherche. Il met alors en place un véritable réseau de correspondants qui lui envoient des graines du monde entier.
Il poursuit l'acclimatation et l'étude des végétaux des zones subtropicales et méditerranéennes avec son ami Edouard Bornet (1828-1911) à qui l'on doit, entre autres, la première classification des lichens et la création de nombreux hybrides de cistes. L'acclimatation de ces centaines d'espèces exotiques a largement contribué à la diversification des plantes utilisables en horticulture ou en arboriculture et à l'évolution du paysage végétal de ce qui deviendra la Côte d'Azur.
En 1877, peu après la mort de G. Thuret, le jardin botanique fait l'objet d'une donation à perpétuité à l'État français. Sa direction est alors confiée à Charles Naudin (1815-1899) qui poursuit l'œuvre de Thuret et de Bornet.
En 1927, le jardin est confié à l'Institut de recherches agronomiques qui devient l'Institut national de la recherche agronomique en 1946.
Aujourd'hui, après un siècle et demi d'expériences ininterrompues, le jardin Thuret continue d'accueillir des scientifiques, des plantes et des visiteurs.

+d'infos

- « L'art d'acclimater les plantes exotiques. Le jardin de la Villa Thuret », C. Ducatillion et L. Blanc-Chabaud, Photographies de C. Slagmulder, Edition 2010, Editions Quae.
- Reportage photos sur la Villa Thuret : www.inra.fr/phototheque/portfolio/thuret/thuret24.htm

contact :
Catherine.Ducatillion@sophia.inra.fr

Une équipe de l'Inra de Rennes présente la première encyclopédie numérique sur les pucerons, une référence pour les scientifiques, les professionnels agricoles, les enseignants et leurs étudiants.

Encyclop'APHID

Tout savoir sur les pucerons



Des tropiques aux pôles, il existe environ 4 000 espèces de pucerons dans le monde. Bruns, roses ou verts, ailés ou non, ils ont déployé une grande capacité d'adaptation, en variant leurs stratégies de reproduction et d'alimentation. Cette section présente les critères d'identification des 13 sous-familles européennes et les principaux éléments de leur biologie.



Qu'est ce qu'un puceron ?

Les pucerons comptent de nombreux ennemis, des coccinelles aux micro-guêpes parasites et aux champignons entomopathogènes. Au contraire, les fourmis collaborent avec les pucerons en les protégeant, en échange de miellat nourricier. On trouve ici la description de ces différentes interactions au sein de l'écosystème.



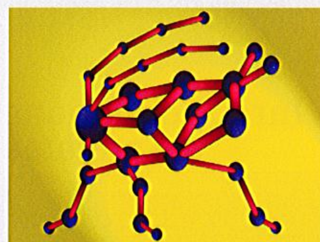
Pucerons et milieu

Les pucerons sont les vampires des plantes ! Ils se nourrissent de sève et peuvent transmettre des virus. Ils causent de fortes pertes économiques en agriculture et sont redoutés dans les jardins. Les principaux dégâts et les méthodes de lutte actuelles sont décrits dans cette section.



Pucerons et agriculture

Parmi les ennemis des pucerons, on trouve aussi les chercheurs !
Leur écosystème à eux est un réseau appelé BAPOA (Biologie Adaptative des Pucerons et Organismes Associés), qui regroupe des chercheurs de l'Inra, de l'Université et d'autres organismes professionnels. Leur portail rassemblera des articles scientifiques sur les axes de recherche actuels, par exemple la résistance des pucerons aux insecticides, la génomique, l'impact des changements climatiques, etc.



Pucerons et recherche

Le site comporte actuellement 110 fiches de description d'espèces de pucerons et de leurs ennemis, avec des photos téléchargeables en haute définition.

Et bientôt, de nouvelles fiches et un système d'identification des principaux ravageurs des cultures !

Un appel à contributions est lancé vers les chercheurs et les autres organismes professionnels pour continuer à enrichir le site !

+d'infos

contacts : Maurice.hulle@rennes.inra.fr ; Evelyne.Turpeau@rennes.inra.fr ; Bernard.Chaubet@rennes.inra.fr
Institut de Génétique Environnement et Protection des Plantes, UMR Inra / AgroCampus Ouest / Université de Rennes 1.
web : www.inra.fr/encyclopedie-pucerons

en bref

Un monde sans moustiques ni cafards est-il possible ?

Denis Bourguet, Thomas Guillemaud

Quelles méthodes employer pour lutter contre les insectes considérés comme nuisibles pour la santé ou l'agriculture ? Les insectes résistent. L'homme gagnera-t-il la « course aux armements » ?… Des réponses claires proposées par deux chercheurs de l'Inra.

Éditions le Pommier, 64 p., 4,99 €

Lobbying de l'agro-alimentaire et normes internationales

Le cas du *Codex Alimentarius*

Maryvonne Lassalle-de-Salins

Ce livre examine les modalités et les conditions de l'élaboration des normes internationales qui protègent l'alimentation du consommateur. Des cas détaillés montrent comment sont prises les décisions, parfois sous l'influence d'entreprises.

Éditions Quæ, collection Matière à débattre et décider, mars 2012, 264 p., 40 € (25 € en pdf)

La France des friches

De la ruralité à la féralité

Annik Schnitzler et Jean-Claude Génot

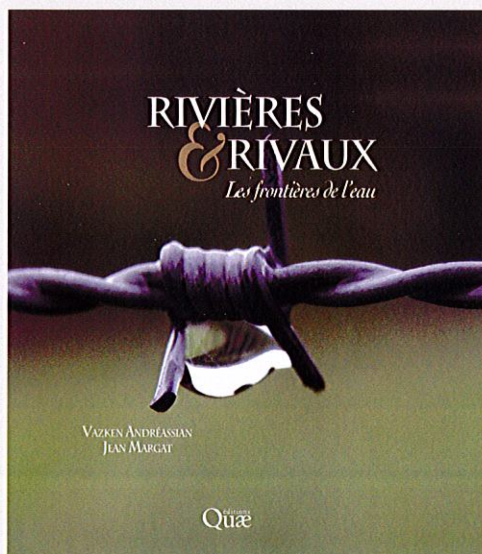
L'espace « féral », là où l'homme laisse la nature reprendre ses droits, est doublement représenté : lieu de négligence pour les uns, ou de richesses pour d'autres. Les auteurs s'appuient sur la déprise agricole et argumentent en faveur du maintien d'espaces retournés à la friche.

Éditions Quæ, collection Matière à débattre et décider, février 2012, 192 p., 30 € (19,50 € en pdf)

RIVIÈRES ET RIVAUX - LES FRONTIÈRES DE L'EAU

Vazken Andréassian et Jean Margat

EDITIONS QUAE, COLLECTION BEAUX LIVRES, MARS 2012, 138 P., 29,50 € (19,10 € en pdf)



Après un rappel des notions de base sur l'eau et sa valeur vitale pour l'homme, le livre ouvre une analyse géopolitique qui reprend les notions de partage, de conflits et de frontières. Abondamment illustré et documenté, il s'appuie sur l'histoire des peuples, avec leurs guerres et leur droit sur l'eau, pour entamer un tour du monde sous un angle original. Tous publics.

ET SI L'AGRICULTURE SAUVAIT L'AFRIQUE ?

Henry Hervé Bichat

EDITIONS QUAE, COLLECTION ESSAIS, FÉVRIER 2012, 160 P., 16 € (10,40 € en pdf)

essais

Et si l'agriculture sauvait l'Afrique ?

Hervé Bichat



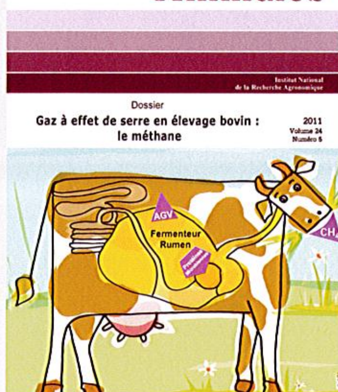
Cet essai d'H.-H. Bichat, ancien directeur de l'Inra et du Cirad, débute par une analyse minutieuse des changements intervenus dans le développement des pays subsahariens depuis les années 60. Prenant le contrepied de « l'Afrique noire est mal partie » de René Dumont, il met en valeur les atouts majeurs du continent africain : son foncier, ses agriculteurs encore très nombreux, l'histoire de ses productions traditionnelles ou plus récentes. Il invite à s'engager vers des politiques de long terme, les seules garantes d'une stabilité nécessaire à la production d'aliments et à leur commerce.

GAZ À EFFET DE SERRE EN ÉLEVAGE BOVIN : LE MÉTHANE

Michel Doreau, René Baumont et Jean-Marc Pérez, coord.

REVUE INRA-PRODUCTIONS ANIMALES, DOSSIER, VOLUME 24, NUMÉRO 5, 2011, EDITIONS QUAE, 18 €

Inra Productions Animales



Ce dossier de la revue spécialisée Inra-productions animales est consacré aux GES en élevage bovin, à l'origine de 60 % des émissions du secteur agricole, en mettant l'accent sur le méthane.
Quatre articles dressent un bilan des connaissances acquises, des recherches en cours, et des principaux leviers d'action pour contrôler les gaz à effet de serre.

De l'eau agricole à l'eau environnementale
Résistance et adaptation aux nouveaux enjeux de partage de l'eau en Méditerranée
Chantal Aspe, coord.
A partir d'exemples choisis en Espagne, en Tunisie, au Sahara ou en France, ce collectif d'auteurs apporte une réflexion croisée sur les modes de gestion de l'eau, ressource précieuse dont l'agriculteur partage dorénavant l'accès avec d'autres usagers.
Éditions Quæ, collection Update Sciences & Technologies, mars 2012, 384 p., 38 € (24,70 € en pdf)

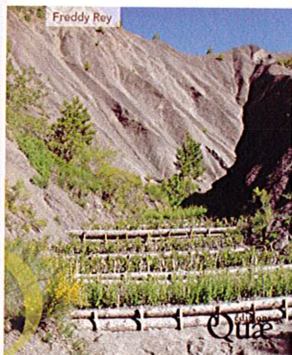
Les sciences face aux créationnismes
Ré-expliciter le contrat méthodologique des chercheurs
Guillaume Lecointre
L'auteur, chercheur et professeur au MNHM, repart des fondements de la démarche scientifique, avec ses méthodes, son scepticisme ou ses faits avérés, pour la démarquer des opinions ou des croyances qui pointent parfois à travers l'enseignement des sciences.
Éditions Quæ, Inra-Sciences en questions, janvier 2012, 176 p., 11,50 € (7,60 € en pdf)

Le bananier - un siècle d'innovations techniques
André Lassoudière
Ingénieur au Cirad et expert, l'auteur retrace l'histoire du bananier et de ses innovations techniques, avec l'essor du commerce de la banane-dessert : périodes pionnières, amélioration des techniques culturales, maladies et variétés nouvelles, récents développements pour mieux respecter l'environnement et la santé de l'homme.
Éditions Quae, février 2012, 236 p., 50 € (32,50 € en pdf)

éditions Quæ

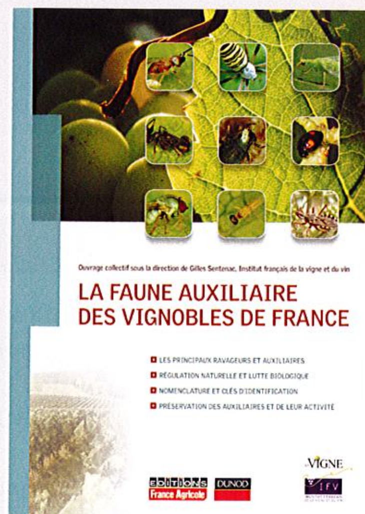
www.quae.com

c/o
Inra - RD 10 -
F-78026
Versailles Cedex



GÉNIE BIOLOGIQUE CONTRE L'ÉROSION TORRENTIELLE
Freddy Rey
EDITIONS QUAE, COLLECTION GUIDE PRATIQUE, JANVIER 2012, 112 P., 29,40 € (19,10 € en pdf)

L'érosion torrentielle est difficile à contrôler. L'emploi de végétaux dans les ouvrages civils a une double fonction : freiner l'eau lors de pluies abondantes et stabiliser des sols pentus grâce à l'enracinement de plantes choisies. Après une analyse du phénomène physique qu'est l'érosion, l'auteur propose des méthodes de lutte tirées de l'observation du terrain. Ce guide pratique apporte aux professionnels des solutions pour introduire du génie biologique dans des ouvrages civils déjà en place ; ou pour bâtir des « ouvrages biologiques », imaginés dès la conception d'un aménagement anti-érosion que l'on souhaite efficace et durable.



LA FAUNE AUXILIAIRE DES VIGNOBLES DE FRANCE
Sous la direction de Gilles Sentenac, Institut français de la vigne et du vin
EDITIONS FRANCE AGRICOLE, 2011, 422 PAGES, 80 €

Cet ouvrage collectif fait le tour de connaissances permettant d'évoluer vers une protection raisonnée de la vigne contre ses agresseurs : antagonistes naturels des insectes et acariens, mécanismes de régulation des populations, méthodes de lutte biologique et alternatives.
Des clés simplifiées d'identification des auxiliaires et ennemis naturels des ravageurs de la vigne sont présentées. Seize spécialistes, dont des chercheurs de l'Inra, ont collaboré à ce guide destiné aux viticulteurs, étudiants, enseignants, naturalistes, chercheurs.

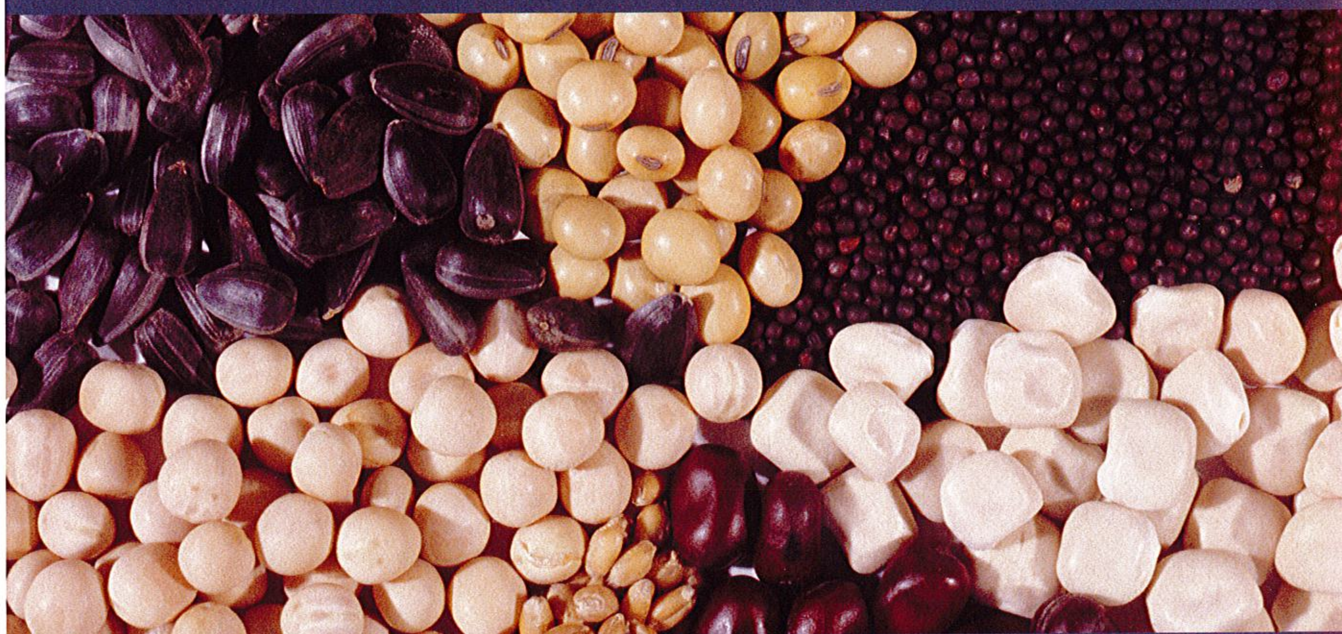
La Biodiversité
des clés pour un débat
HUMANITÉ ET BIODIVERSITÉ
INRA



LA BIODIVERSITÉ, DES CLÉS POUR UN DÉBAT - Film

Autour de la personnalité d'Hubert Reeves, des acteurs de tous horizons contribuent à définir la biodiversité. Scientifique, agriculteur, économiste, élu ou gestionnaire de territoire, tous éclairent ce concept par leur point de vue et un regard différent. Partant de leur expérience, ils se saisissent du sujet pour appeler la société à la réflexion ou à l'engagement, face au défi écologique que représente la biodiversité. Un film de 23 minutes, sur une initiative de l'association Humanité et biodiversité, coproduit et réalisé par l'Inra, consultable sur :
www.inra.fr/audiovisuel/films/environnement/biodiversite_ordinaire
Information : gerard.paillard@paris.inra.fr

Certificats d'obtention végétale



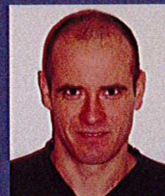
© Inra / Chantal Nicolas



Joël Guiard, expert « Etudes des Variétés » et responsable relations internationales UPOV au sein du Groupe d'étude et de contrôle des variétés et des semences.



Agnès Ricroch, enseignant-chercheur à AgroParisTech en génétique évolutive et amélioration des plantes et co-coordinatrice du livre *Biotechnologies végétales : environnement, alimentation, santé*, juin 2011.



Stéphane Lemarié, directeur de recherche en économie à l'Inra de Grenoble.

Photos © DR

Votée fin 2011, la loi relative aux certificats d'obtention végétale (COV) modifie et complète le Code de la propriété intellectuelle en intégrant la Convention de l'Union internationale pour la protection des obtentions végétales (UPOV) de 1991. Les décrets sont attendus d'ici à la fin de l'année.

Quelles nouveautés introduit cette loi ?

Joël Guiard : Cette loi relative à la protection des obtentions végétales permet enfin à la France d'appliquer la convention de l'UPOV révisée en 1991. Mais de fait, les obtenteurs utilisent déjà majoritairement depuis 1991 le règlement communautaire 2100/94 pour protéger leurs variétés sur l'ensemble du territoire de l'Union européenne.
Cette nouvelle loi inclut notamment une extension du droit des obtenteurs sur les variétés dites dérivées - variété dans laquelle on a introduit un gène. La loi reconnaît la possibilité de reproduire pour certaines espèces des semences dites de ferme. Les paysans qui sèment avec des semences issues de leur propre récolte, jusqu'à présent dans l'illégalité, devront s'acquitter d'une redevance auprès de l'obtenteur de la variété protégée.

Agnès Ricroch : Le système du COV reconnaît le travail d'assembleur de gènes des sélectionneurs et les protège ainsi que leurs clients de la contrefaçon. Il permet aux sélectionneurs d'utiliser cet assemblage pour en créer un autre sans devoir une redevance. Cela matérialise l'idée noble du progrès génétique. Il n'y a pas, comme pour le brevet, de privatisation des ressources génétiques.

Combien représentent ces royalties pour les agriculteurs ? Quelles seront leur incidence sur la recherche ?

A. R. : Les décrets de l'application de la loi qui fixeront le montant des rémunérations ne sont pas encore publiés. Ces rémunérations s'appliqueront s'il n'existe pas déjà de contrat entre le titulaire du COV et l'agriculteur concerné ou entre un ou plusieurs titulaires du COV et un groupe d'agriculteurs concernés, ou d'accord interprofessionnel. Ces rémunérations seront demandées à l'agriculteur, à l'exception des petits producteurs qui ne sont pas redevables de cette indemnité. Le montant sera sensiblement inférieur au montant perçu pour la production sous licence de matériel de multiplication de la même variété. On peut se baser sur les expériences préalables, notamment la contribution volontaire obligatoire (CVO) que le GNIS, Groupement national interprofessionnel des semences, avait mis en place en 2001 pour le blé tendre. Cela représente une contribution prélevée sur la collecte de blé tendre de 0.5 € /tonne pour les agriculteurs. 85 % de ce montant revient à l'obtenteur qui a développé cette variété, le reste aux organismes de recherches signataires de cette CVO interprofessionnelle. Le GNIS a réalisé une étude sur les bénéfices apportés par cette taxe au progrès génétique. Selon l'interprofession des semences, chaque euro dépensé par un agriculteur lors de son achat de semences certifiées entre les années 1990 et 2009 a été réinvesti dans la recherche variétale, qui a sélectionné des variétés plus productives, et restitué à l'agriculteur *via* le progrès génétique et ses variétés plus productives (+0.7 q/ an), ce qui a fait gagner à l'agriculteur 6,7 €.

Stéphane Lemarié : En moyenne, la CVO représentera pour l'agriculteur entre 5 à 10 €/ha. Elle impacte directement la marge brute des exploitations. Il sera utile de suivre de près l'évolution des investissements de la recherche en fonction de cette CVO. Il serait également intéressant de contrôler l'évolution du prix des semences. Si l'agriculteur paye 10 €/ha pour sa semence fermière, il y a un risque que la semence certifiée augmente mécaniquement d'un montant équivalent. Il est important de disposer de relevés des prix des semences avec de bonnes conditions d'accès à ces données, pour que le système de prix des semences soit transparent.

Quelles retombées peut-on attendre pour la recherche ?

J. G. : Ce dispositif sécurise la recherche grâce à un meilleur retour sur investissement basé sur la perception des royalties. S'appliquant sur une vingtaine d'espèces, il représente un complément de financement significatif à l'image de ce qui a été observé pour le blé tendre d'hiver. Mais le principal moteur incitatif pour la sélection variétale est avant tout le comportement de l'agriculteur à la fois dans son choix variétal et dans son système de culture qui inclut la diversification des espèces, les rotations et la valorisation de ses récoltes. Cet ensemble est source de dynamisme pour le développement de nouvelles variétés y compris pour les espèces dites mineures et donc pour la création variétale. Le meilleur financement de la recherche pour les unes pouvant bénéficier aux autres.

A. R. : Il faut pouvoir payer l'effort de recherche. Si la sélection variétale propose à l'agriculteur des variétés adaptées à sa région, à ses besoins et débouchés, résistantes à certaines maladies ou ennemis des cultures et productives, respectueuses de l'environnement, économes en intrants, pourquoi ne pas la rémunérer ?

S. L. : Les semenciers investissent principalement sur les variétés qui ne peuvent être ressemées, où il n'y a pas de semences fermières. L'expérience blé tendre nous montre que sur 5 à 6 millions d'hectares semés en France, la moitié des semences sont fermières ! Et cela a des incidences sur la recherche. Le rapport entre les investissements de la recherche américaine sur le blé et ceux sur le maïs est de 1 à 10 ! Cela s'explique par le fait que la semence de maïs étant hybride, les producteurs américains n'ont pas d'intérêt à produire leurs propres semences. Aux Etats-Unis donc, dix chercheurs travaillent sur le maïs pour un sur le blé. Ce n'est peut-être pas aussi marqué en France, mais le déséquilibre existe et cette CVO pourrait en partie rééquilibrer les choses. Il faut rendre les cultures - qui peuvent être ressemées par l'agriculteur - plus attractives pour la recherche. Le COV et la CVO sont un système de protection intellectuelle qui permet un bon compromis.

Comment ont évolué les conditions de reconnaissance d'une obtention végétale et comment ont évolué les critères de sélection ces dernières années ?

J. G. : Les critères de sélection évoluent régulièrement vers plus de qualité, de résistance aux maladies, vers une meilleure efficience des variétés vis-à-vis de l'eau et de l'azote tout en maintenant une bonne performance en terme de rendement. Ceci se trouve renforcé aujourd'hui avec la démarche VATE, Valeur agronomique, technologique et environnementale, développée par le CTPS, Comité technique permanent de la sélection, s'inscrivant dans les conclusions du rapport « Semences et agriculture durable » élaboré par le ministère chargé de l'Agriculture. Les critères s'inscrivent dans le plan national Ecophyto 2018 avec notamment plus de critères de résistance aux maladies suite à la suppression de certains produits phytosanitaires. Conjointement, les obtenteurs développent des variétés adaptées aux besoins et aux débouchés des filières comme celles des biocarburants et de la biomasse ou d'autres débouchés industriels, orientation qui accroît la diversité des variétés mise à disposition des agriculteurs. ●

Propos recueillis par Cécile Poulain

+d'infos

- **web :** Reportage photos sur le colloque du 50e anniversaire du COV, Paris, 1er février 2012. www.inra.fr/phototheque/reportage_photo/colloqueCOV/colloqueCOV-01.htm
- **contact :** agnes.ricroch@agroparistech.fr ; lemarie@grenoble.inra.fr ; joel.guiard@geves.fr

AGENDA

3/4 juillet
PARIS

IIIes Journées de la recherche piscicole
Programmées par l'Inra, l'Ifremer, le Cirad et l'IRD, associés au Cipa, à l'Itavi, au Sysaaf, au Maapar et à l'Enseignement aquacole, avec le partenariat le 3 juillet de l'Académie d'agriculture de France (AAF).
WWW.journees-de-la-recherche.org/JRFP/page-JRFP1024.php

9/11 juillet
TOULOUSE

Les changements globaux : enjeux et défis
Conférence organisée par le Comité national français pour le changement global, en partenariat avec le Centre international de congrès de Météo France, le Centre national d'études spatiales, l'Institut Pierre Simon Laplace et Météo France, et avec la participation de l'Inra. Parmi les membres du comité scientifique : Bernard Seguin, Agroclim, Inra, Avignon.
http://cnfcg-colloque2012.ipsl.fr/accueil

17/20 juillet
NANTES

Symposium sur les polysaccharides de plantes et d'algues
Co-organisé par l'unité Biopolymères interactions assemblages du centre Inra de Nantes et par la station de Biologie marine (Roscoff) du CNRS.
WWW.inra.fr/environnement_agronomie/actualites/psp_2012

27/30 août
MONTPELLIER

Les systèmes de production rizicole biologique
Première conférence internationale co-organisée par l'UMR Innovation, SupAgro - Inra - Cirad et Agropolis Montpellier.
www1.montpellier.inra.fr/orp2012

8 septembre
GRENOBLE

Les climats régionaux : observation et modélisation
XXVe colloque de l'Association internationale de climatologie organisé par le Laboratoire d'étude des transferts en hydrologie et environnement (UJF–CNRS–IRD–G-INP). Parmi les membres du comité scientifique : Bernard Seguin, Inra.
WWW.ird.fr/toute-l-actualite/appels-a-propositions-appels-a-projets/appel-a-contribution-les-climats-regionaux-observation-et-modelisation

11/14 septembre
RENNES

Space. Salon international de l'élevage
WWW.space.fr

26/28 septembre
LOCHES

Congrès de la Société francophone de chronobiologie
Ce 43e congrès est organisé par l'UMR Physiologie de la reproduction et des comportements de l'Inra de Tours et l'unité de Psychologie des âges de la vie de l'université François Rabelais de Tours.
https://colloque4.inra.fr/tourschronobiologie2012

10/12 décembre
PARIS

Biofilms - 5e conférence internationale
Organisée par le réseau national Biofilms et Micalis (UMR Microbiologie de l'alimentation au service de la santé associant l'Inra et AgroParisTech).
https://colloque4.inra.fr/biofilms5

CIAG (www.inra.fr/ciag)

2 octobre
RENNES

Eau et milieux aquatiques

24 octobre
POITIERS

Associer productions animales et végétales pour des territoires agricoles performants

Prospective Filière équine

2 octobre 2012 • Paris

Une réflexion prospective sur l'avenir de la filière équine française à l'horizon 2030



La filière française se trouve aujourd'hui confrontée à de nombreux enjeux : le maintien de sa place de leader mondial du cheval de sport, la production de chevaux en adéquation avec le marché, mais aussi le maintien de la diversité des races, de leur présence dans certains territoires, la préservation du bien-être animal, la contribution du cheval au maintien de l'agriculture et du tissu social, l'emploi dans les zones rurales... Afin d'aider les professionnels de la filière à se préparer aux évolutions à venir, mais aussi d'améliorer l'offre de services, de connaissances, et d'innovations, l'Inra et l'IFCE se sont associés pour mener cette opération prospective fondée sur la construction de scénarios d'avenir à l'horizon 2030.

www5.paris.inra.fr/depe/Projets/Filiere-equine